



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학박사 학위논문

# 과학교사의 실험 수업 변화에 대한 사례연구

- 예비교사에서 초임교사로 -

A Case Study on Changes in Laboratory  
Instruction of Science Teachers  
- From Pre-Service to Beginning Teacher -

2019년 8월

서울대학교 대학원

과학교육과 생물전공

유 금 복

# 과학교사의 실험 수업 변화에 대한 사례연구

- 예비교사에서 초임교사로 -

A Case Study on Changes in Laboratory  
Instruction of Science Teachers  
- From Pre-Service to Beginning Teacher -

지도교수 전 상 학

이 논문을 교육학박사 학위논문으로 제출함  
2019 년 5 월

서울대학교 대학원  
과학교육과 생물전공  
유 금 복

유금복의 박사 학위논문을 인준함  
2019 년 7 월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

## 국문초록

학습자는 과학탐구의 한 방법인 실험 활동을 통해 과학의 과정과 절차에 참여하며 과학 지식의 구성을 경험하게 된다. 과학교육에서 실험 활동의 장점들은 잘 알려져 있고 실험 수업을 활성화하려는 학문적, 제도적 노력이 지속되고 있다. 그러나 여전히 실험 수업 실행의 양과 질은 기대에 미치지 못하고 있다. 교육의 양과 질을 결정하는 데 교사 요인이 중요한 영향을 미치므로, 교사의 실행으로부터 실험 수업 활성화를 위한 방안 모색이 필요하다. 교사는 명시적, 암묵적으로 지식을 학습하고 실행하며 실험 수업에 대한 전문성을 함양해나간다. 이러한 실험 수업 전문성 발달에는 교사의 인식과 경험, 환경 등 다양한 요소들이 영향을 미친다. 본 연구에서는 실험 수업에서 나타나는 언어적 상호작용과 실험 수업에 대한 교사의 개념 생태를 통해 교사의 실험 수업에 대한 변화를 탐색하였다.

이를 위하여 두 명의 연구 참여자 사례를 중심으로 이들의 예비교사 시기와 초임교사 시기의 실험 수업 실행을 분석하였다. 예비교사 시기인 2012년부터 2015년 사이의 실험 수업 실행 자료와 초임교사 시기인 2018년 실험 수업 실행 자료를 수집하였다. 수업 관찰, 활동지와 수업자료, 교사 면담, 평가회 자료 등 다양한 유형의 자료를 수집하였다. 수집한 자료를 바탕으로 언어적 상호작용과 개념 생태 분석을 수행하여, 교사의 예비교사 시기와 초임교사 시기 실험 수업 변화를 해석하였다.

연구 결과, 두 교사의 변화는 다르게 나타났다. A 교사의 실험 수업 실행은 예비교사 시기에 비해 초임교사 시기에 권위적·전통적인 언어적 상호작용이 증가하였다. 또한 초임교사 시기의 실험

활동은 예비교사 시기에 비하여 구조화된 확인탐구를 중심으로 이루어졌으며 이 과정에서 교사 중심적 성향이 강화되었다. 예비교사 시기에는 실험 수업에 대한 개념 생태의 요소 중 교사 중심의 교수성향을 드러내며 학생 중심의 교수 방법과 간혹 갈등하는 모습을 보이지만, 초임교사 시기에 수업 실행 중 다양한 시도를 통해 ‘경험을 제공하는 실험 수업’이라는 인식론적 확신근거를 기반으로 하위 요소들 사이의 갈등을 최소화하고 실험 수업 실행에 대한 방향을 마련하는 것으로 보인다.

B 교사는 예비교사 시기에 비해 초임교사 시기에 실험 수업에서 탐구적인 언어적 상호작용이 증가하였으며, 덜 구조화된 실험 수업을 제시하고 허용적 분위기를 조성하는 등 학생 중심적 경향이 강화되었다. 예비교사 시기의 실험 수업에 대한 개념 생태에서는 지식 구성과 지식 습득에 대한 과학과 실험 수업에 대한 사고나 학생 중심과 교사 중심의 교수성향 사이에서 갈등이 드러났다. 초임교사 시기 학생들에게 생각해보는 기회를 제공하려는 시도를 지속하며 ‘스스로 생각해보는 실험 수업’이라는 인식론적 확신근거를 마련하였고, 개념 생태 요소들 사이의 연관성도 증가하였다.

실험 수업에서 교사가 제시하는 언어적 상호작용은 실험 수업에서 학생들이 가지는 상호작용 방식에 영향을 주며 공동으로 수업담화를 구성하였다. 교사가 권위적이고 전통적인 상호작용을 보이는 경우 학생들은 결정된 지식을 확인하려는 담화를, 교사가 탐구적으로 상호작용을 제시하는 경우 학생들은 자신의 현재 지식을 기반으로 과학 지식을 구성하려는 담화가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 실험 수업에서 나타나는 언어적 상호작용의 배경에는 실험 수업에 대한 교사의 개념 생태가 작용하고 있는 것으로 보인다.

실험 수업에 대한 개념 생태 요소들은 교사의 교육 현장 맥락

속에서 다양하게 변화하였다. 각각의 요소들은 다른 요소와 상호 작용하며 교사의 개념 생태 내에서 강화되거나 약화되었다. 예비 교사 시기 개념 생태 요소에 대한 하위요소들이 갈등을 나타내기도 하지만, 초임교사 시기에는 인식론적 확신근거를 마련하며 이러한 갈등이 감소되는 모습을 보였다. 인식론적 확신근거는 교사의 실험 개념 생태를 구성하는 중요한 요소로, 다른 요소들과 밀접한 관련성을 가지며 교사의 실험 수업 실행에 대한 정당성을 가지게 하는 것으로 보인다. 실험 수업에 대한 교사의 개념 생태 요소들은 실험의 맥락에서 등장하고 다시 실험에 적용되어 지속적으로 변화하며 실험 수업 실행에 영향을 미치는 모습을 보였다.

교사의 시기 별 실험 수업 실행 실행에 나타나는 변화의 특징은 다음과 같다. 첫째 실험 수업 실행은 교사 발달 과정이나 교사가 처한 학교의 상황 등, 교사의 현재 상황을 반영하여 맥락적으로 변화하였다. 둘째, 인식론적 확신근거는 예비교사 시기에는 나타나지 않았지만 초임교사 시기에 드러나며 실험 수업 실행에 방향성과 정당성을 부여하였다. 마지막으로 교사의 실험 수업에 대한 개념 생태는 언어적 상호작용 방식에 영향을 미치며 학생들과 실험 수업을 공동으로 구성하게 하였다.

본 연구의 결과는 상황 맥락에 따라 개념 생태를 재조직하며 실행하는 교사의 시기별 실험 수업 변화 모습을 보여주었다. 이를 바탕으로 학교 현장에서 실험 수업이 구성적으로 이루어지기 위한 방안을 모색하였다는 측면에서 의의가 있다.

**주요어 :** 실험 수업, 언어적 상호작용, 개념 생태, 인식론적 확신근거, 교수 실행 변화

**학 번 :** 2011-31085

# 목 차

1. 서론 .....	1
1.1. 연구의 필요성 .....	1
1.2. 연구 목적과 연구 문제 .....	7
1.3. 용어의 정의 .....	8
2. 이론적 배경 .....	10
2.1. 실험수업에서 학습의 의미 .....	10
2.1.1. 사회적 구성주의에서 학습과 교사의 역할 .....	10
2.1.2. 교사의 수업 실행에 영향을 주는 요인 .....	11
2.2. 의미 형성 과정으로 언어적 상호작용 .....	15
2.2.1. 의미 형성 과정으로서 담화연구 .....	15
2.2.2. 수업담화에서 질문과 피드백 .....	16
2.3. 개념 생태이론 .....	18
2.3.1. 개념 생태 .....	18
2.3.2. 학습과 개념 변화 .....	20
2.3.3. 교사교육에서 개념 생태에 관한 연구 .....	22
3. 연구 방법 .....	26
3.1. 연구 참여자 .....	26
3.1.1. 교사 A .....	26
3.1.2. 교사 B .....	28

3.2. 자료의 수집 .....	29
3.2.1. 예비교사 실험수업 실행 자료 .....	30
3.2.2. 초임교사 수업실행 자료 .....	32
3.3. 자료의 분석 및 해석 .....	35
3.3.1. 실험수업 담화 분석 .....	35
3.3.2. 실험수업에 대한 개념 생태 분석 .....	38
 4. 연구의 맥락: 예비교사-학생의 실험수업 상호작용 .....	45
4.1. 예비교사의 실험수업 실행 .....	45
4.2. 예비교사-학생의 실험수업 상호작용의 특징 .....	47
 5. 연구 결과 .....	49
5.1. 교사 A의 실험수업 사례 .....	49
5.1.1. 교사 A의 실험수업 상호작용의 변화 .....	50
5.1.2. 예비교사 A의 실험수업 개념 생태 .....	60
5.1.3. 초임교사 A의 실험수업 개념 생태 .....	68
5.2. 교사 B의 실험수업 사례 .....	78
5.2.1. 교사 B의 실험수업 상호작용 변화 .....	78
5.2.2. 예비교사 B의 실험수업 개념 생태 .....	91
5.2.3. 초임교사 B의 실험수업 개념 생태 .....	99
5.3. 실험수업 사례에 대한 분석 및 논의 .....	108
5.3.1. 교사 A 사례에 대한 논의 .....	108
5.3.2. 교사 B 사례에 대한 논의 .....	111



5.3.3. 예비교사와 초임교사의 실험수업 변화 .....	114
6. 결론 및 제언 .....	116
6.1. 요약 .....	116
6.2. 결론 및 제언 .....	117
7. 참고문헌 .....	120
Abstract .....	128

## 표 목 차

표 1 실험 수업에 영향을 주는 요소들 .....	14
표 2 연구자 별 개념 생태의 구성 요소 .....	20
표 3 교사의 개념 생태 요소 비교 .....	24
표 4 연구 참여자 소개 .....	29
표 5 실험 수업 관련 자료 수집 .....	30
표 6 상호작용 분석 틀 .....	38
표 7 교사의 실험 수업 개념 생태 분석 틀 .....	41
표 8 3성분 분석 방법 예시 .....	42
표 9 예비교사 A의 실험 수업 개념 생태 .....	64
표 10 초임교사 A의 실험 수업 개념 생태 .....	75
표 11 예비교사 B의 실험 수업 개념 생태 .....	95
표 12 초임교사 B의 실험 수업 개념 생태 .....	105

## 그 립 목 차

그림 1 예비교사의 실험 수업 진행 과정 .....	46
그림 2 교사 A의 상호작용 수와 길이 .....	54
그림 3 교사 A의 상호작용 경향 .....	56
그림 4 교사 A의 실험 수업 담화 시작 주체 .....	59
그림 5 예비교사 A의 실험 수업 개념 생태 .....	65
그림 6 초임교사 A의 실험 수업 개념 생태 .....	77
그림 7 교사 B의 상호작용 수와 길이 .....	82
그림 8 교사 B의 상호작용 경향 .....	86
그림 9 교사 B의 실험 수업 담화 시작 주체 .....	90
그림 10 예비교사 B의 실험 수업 개념 생태 .....	97
그림 11 초임교사 B의 실험 수업 개념 생태 .....	107

# 1. 서 론

## 1.1. 연구의 필요성

사회적 구성주의에서 수업은 교과 내용을 매개로 상호작용을 통해 의미를 구성해나가는 과정이다. 교사와 학생의 상호작용이 이루어지는 과정에서 학생들은 지식을 내면화하여 학습이 이루어진다. 이 때 교사는 학생들의 참여를 조절하여 상호작용의 질을 결정하는데 직접적인 역할을 담당한다(Driver, 1995; Duit & Treagust, 1998; Schroeder et. al., 2007, 구원희, 2010). 교사의 수업 운용 방식과 역할은 수업의 질을 결정하며 교육 목표 실현에 중요한 요소로 작용한다. 교사는 학생들에게 일어날 수 있는 복합적인 환경을 구성하고 다양한 활동을 제공해야 한다. 또한 교사는 개별 교실 내 특수성에 따라 그에 적합한 학습 내용과 방법을 개념화하여 설계하고 실행해야 한다(Apple, 2000; Aronowitz & Giroux, 1986; 정은실, 2009).

전통적인 과학 수업은 과학 활동의 결과물인 지식을 확인하고 습득하는 방식에 의존해왔다(Pomeroy, 1993). 근래 과학교육 연구들은 단순 결과인 과학 지식을 습득하는 것보다 지식 구성의 과정으로 과학을 학습할 필요성을 제기하며 과학 탐구를 과학교육의 핵심적인 요소로 강조한다. 과학 탐구는 과학의 과정과 절차에 학생들을 참여하게 하여 과학지식을 생성하고 변화시키며 활용하도록 하는 것을 의미한다(Domin, 1999; Tamir1976; 박승재, 등 2002). 이는 과학 지식 습득을 위한 전통적인 방식의 학습을 배재하는 것이 아니라 그동안 소홀하게 다루어진 과학 지식 구성 과정에 대한 참여를 강조하는 것이라 볼 수 있다.

특히 실험 수업은 과학교육만의 특징적인 활동으로 여겨진다. 학생의 참여를 기반으로 과학의 본성을 경험하고 흥미를 유발하며 복잡한 인지 과정을 포함하기 때문이다. 뿐만 아니라 실험 수업은 지식 구성에 학생

을 참여하게 하여 개념을 학습하게 하고 조작기능과 더불어 의사소통, 상호작용, 협동 능력 등 사회적 능력을 향상시킨다(Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Lubbern & Millar 1996; Wellington, 1998; 조희형 등, 2011). 2015 개정 교육과정에서는 ‘과학탐구실험’ 과목을 도입하여 실험교육의 중요성을 강조하였다. 또한 학교 내 실험실 확충이나 실험실 현대화를 위한 사업, 실험실 활용을 높이기 위한 방안이 정책적으로 마련되고 있다. 이러한 사례들은 실험 교육의 중요성과 활성화를 위한 방법적 논의가 이루어지고 있음을 알려준다(교육부, 2015; 과학문화진흥회, 2001)

이러한 실험 수업 활성화를 위한 양적 노력과 더불어 실험 수업의 질을 향상시키기 위한 연구가 폭넓게 이루어져야 한다. 특히 실험 수업에서 교사의 역할에 대한 논의와 교사의 실험 수업전문성을 향상하기 위한 연구는 중요하게 다루어져야 한다(Richards et. al., 2001). 실험 수업의 질을 결정하는 것은 바로 교사이기 때문이다. 교사의 “깊이 있는 변화(Deep Change)”는 과학 탐구의 질적 변화를 가져오게 한다(Coburn, 2003). 전술한 바와 같이, 전통적인 과학교육에서 교사는 강의나 고정된 매뉴얼을 제공하고 결과를 통해 과학 지식을 확인하게 하는 지식 전달자로서 역할을 담당했다면, 이제 교사의 역할은 변화를 요구받고 있다. 탐구적인 과학 수업의 조력자, 학생 중심적이고 구성주의적 교수를 실행하는 교사의 모습이 그것이다. 이러한 교사의 실험 수업에서는 학생의 참여가 적극적으로 이루어지고 이를 통해 학생이 실제적 활동으로 지식 구성과 문제해결 과정을 경험하게 할 수 있다(Lave & Wenger, 1991; NRC, 1996; 박영순, 2018; 권영신과 김정률, 2014).

교사는 교과와 교수에 대한 명시적이고 암묵적인 지식을 실행의 맥락에서 지속적으로 학습하고, 이러한 지식을 다시 실행에 적용하며 변화해나가는 존재이다(Oja, 1994). 교사의 변화는 교사 발달 과정이나 교직사회화와 같은 용어로 설명되기도 하는데 개인적, 환경적 요인에 따라 다양하게 이루어질 수 있다. 교사는 개인이 독립적으로 변화하는 것이 아니라 생애 전 단계에서 가지는 경험, 자신의 실천, 환경 등 다양한 요소

와 상호작용하며 발달이 이루어진다(Bruke, Christensen & Fessler, 1984; Fuller, 1969; Katz, 1972; 강경석과 김영만, 2006). 발달의 과정에서 교사는 전문적 지식과 이해의 깊이를 더하게 된다. 이러한 전문 지식과 이해는 다시 실행에 영향을 미친다(Johnson, 1989).

그러나 교사의 경력 증가가 구성주의적 교수 실천을 보장하는 것은 아니다. 선행 연구들에서 초임교사는 학생들에게 일방적으로 지식을 전달하는 교사 중심적이고 권위적인 상호작용을 한다고 보고하였다. 또한 초임교사는 학생과의 상호작용이 부족하고, 정답을 추측하게 하는 질문을 주로 제시하였다. 학생이 지식을 구성하도록 하는 상호작용의 중요성은 인식하지만 실제 수업 실행에서 실제적 지식이 부족하여 설명 위주의 강의식 수업을 진행한다고 알려져 있다(Bianchini et al, 2003; 남정희 등, 2010; 오세덕 등, 2010). 경력교사 역시 수업에서 현상에 관한 기술이나 정보 축적에 초점을 두고 실험에 참여하게 하므로, 과학적 설명이나 과학의 본성, 과학을 하는 방법에 대한 안내가 필요하다는 연구(Carlsen, 1997)나 익숙하지 않은 상황에서 권위적 경향성이 증가한다는 연구(Braaten & Windschitl, 2010)는 경력교사에게도 실험 수업에서 구성주의적 교육 실천은 해결해야 할 문제임을 보여준다.

지식과 실행을 중심으로 교사의 수업전문성 향상을 모색하기 위한 노력은 다방면에 걸쳐 진행되고 있다. 교사의 인식론적 신념과 실천적 지식에 대한 연구, 교실에서 이루어지는 교사와 학생의 상호작용과 규범의 탐구, 수업자료와 학습과제에 내포된 교육학적 원리 변화에 대한 연구 등이 그것이다(Coburn, 2003). 이러한 연구들은 교사의 지식을 이해하기 위해 교사 내부와 외부로의 접근을 시도하여 교사의 수업을 바라보는 틀을 제공하고, 실행의 기저를 살펴보는 데 유용하게 작용하였다(Calderhead, 1996; Elbaz, 1983; Graham, 2003; Hogan, 1999; Kuhn, 1991; Shulman, 1987). 국내에서도 과학교사의 지식이나 신념과 실행과의 관련성을 찾고자 하는 연구들이 이루어지고 있다(김영민 등, 2013; 윤혜경 등, 2015; 정득실 등 2007; 최진영과 이경진, 2007; 팽애진과 백성혜, 2005; 한기갑, 2004). 이러한 연구들은 교사의 지식과 실행 사이의 관

계에 대한 관련성을 제시하였다. 그러나 교사의 지식이나 신념이 실행과 일치하지 않는다는 일부 연구 결과는(Haney & McArthur, 2002; Lederman, 1999) 교사의 지식과 실행의 관계를 설명하기 위한 새로운 접근과 연구들이 필요하다는 것을 보여준다.

과학교사의 수업전문성에 대한 또 다른 연구의 흐름으로 교육 현장을 중심으로 접근하는 움직임이 있다. 교육 현장에서 일어나는 교실 담화 분석을 통해 교사의 수업 실행을 탐색하는 연구로 Mortimer & Scott(2003)의 연구가 대표적이다. Mortimer & Scott(2003)은 교사와 학생의 상호성(interactive/non-interactive)과 함께 학생 관점의 견해가 수용되는지 여부(authoritative/dialogic)를 분석하는 틀을 제시하여, 학교 과학수업에서 나타나는 담화의 양상을 분류하였다. 이를 토대로 수업 상황과 목적에 따라 다양한 담화의 유형을 적절하게 활용해야 한다고 주장하였다. 교사와 학생이 구성하는 과학 수업 담화는 의미생성 과정과 학습의 핵심적인 요소로 작용한다. 국내에서도 교실 담화를 분석하여 교사와 학생의 상호작용을 탐색하는 연구들이 이어지고 있다. 교사와 학생 간 언어적 상호작용(김혜리 등 2010; 남정희 등, 2010; 성숙경과 최병순, 2007; 송하영과 김영신, 2016; 유금복 등, 2014; 최경희 등, 2004; 한혜진, 2009)이나 수업에서 이루어지는 교사의 설명 구조(고성자 등, 2007; 오지언과 오필석, 2017; 오필석과 안유민, 2013, 2015)를 분석하는 연구들은 과학수업 실행의 언어적 · 사회적 맥락에서 교사의 역할을 시사하고 있다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 단기간의 교사 실행을 기반으로 하였다. 과학 수업에서 상황에 적절한 교사의 역할을 제안할 수 있지만, 교사의 경험에 따른 변화를 보여주거나 특정 시점의 교사의 사고를 기반으로 한 역할을 제시하기에는 한계가 있다.

따라서 교사의 수업전문성 발달에서 수업 실행의 변화에 대한 총체적이고 맥락적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 실험 수업을 하나의 개념으로 설정하고 교사의 실험 수업 변화과정을 개념 생태 이론을 통해 살펴보고자 한다. 생태에서 개체는 개체를 둘러싸고 있는 물리적 · 생물적 환경과 상호작용하여 일정한 상태를 유지한다. 환경의 변화는 개체가

가지는 상태에 변화를 가져온다. 이 과정에서 개체는 적응기작을 발동시켜 환경 요소들과 상호작용하며 이전과 다른 상태를 유지하게 된다. 이와 마찬가지로 개념 생태란 개념과 그 개념을 둘러싼 지적 환경과의 상호작용을 총칭하는 용어로, 개념 변화에 있어 중요한 역할을 한다(Beeth, 1993; Toulmin, 1972; Posner et al., 1982). 초기 개념 변화에 대한 연구가 개인적이고 인식론적인 과정이 강조되었다면, 후기로 갈수록 초기의 관점과 더불어 사회적인 과정을 포함하는 관점이 확장되었다(이선경, 2015).

실험 수업의 질을 향상시키기 위해 처방보다 앞서야 할 것은 실천 속에서 어떻게 변화가 이루어지는지에 대한 맥락적 이해이다. 교사 전문성이 충분히 발달하지 않은 예비교사와 초임교사 시기에는 교직원과 교수 방법, 수업 실행에 급격한 변화와 혼란이 있을 수 있다. 교직 초기 단계에 적절한 전문성과 교직의식을 함양하지 못하면 바르지 못한 교수방법과 교직관이 고착될 수 있고 교직에 대한 매력을 잃을 수 있다(윤홍주, 1996; 강경석과 김정만, 2006). 근래 예비교사들은 교사양성 기관에서 구성주의적 학습과 학습자 중심의 과학수업, 과학 탐구의 중요성을 교육받고 교직에 입문하지만, 당면하는 교육 현실은 여전히 지식 전달 방식의 전통적 교육에 머물러 있다. 따라서 실험 수업 실행에 영향을 주는 요소들과 그 변화에 대해 연구하는 것은 매우 의미 있는 일이다.

수업의 맥락에서 과학 교사의 실행변화를 상세하게 살펴보기 위해서는 질적 연구 중 사례연구 방법으로 접근해야 한다. 구체적인 사례를 탐색하여 다양하고 상세한 자료를 수집하고 심층 기술과 분석을 제공하는 사례연구는, 사례에 대한 깊은 이해를 추구한다. 또한 맥락 속에서 현상을 다루지만 그 경계가 불분명할 때, 현상이 나타나는 과정에 관심을 가질 때 사용될 수 있기 때문이다(Cresswell, 2013; Merriam, 1998; Stake, 2005). 본 연구의 실험 수업에 대한 사고와 실행의 변화를 살펴보는 데 사례연구방법이 적합하다고 판단하였다.

이상의 논의를 종합하면, 실험 수업은 교사의 구성주의적 교수 실천을 구현하기에 매우 적합한 환경이다. 교사가 교직 초기단계에서 실험 수업



에 대한 교수관을 확립해 나가는 것은 중요하다. 이때 확립한 실험 수업에 대한 바람직한 교수관과 교수 성향은 이후 교직 기간 동안 학생들에게 제공할 실험 수업의 질에 영향을 미친다. 따라서 실험 수업 교수 실행의 준비는 예비교사 시기에 이루어져야 한다. 그러므로 예비교사 시기와 초임교사 시기의 실험 수업에 실행 변화의 사례를 살펴볼 필요가 있다. 이러한 연구를 통해 실험 수업에서 구성주의적 교수 실천을 위해 교원양성기관에서 무엇을 어떻게 준비해야 하는지에 대한 시사점을 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

## 1.2. 연구 목적과 연구 문제

본 연구의 목적은 예비교사 시기와 초임교사 시기의 실험 수업 변화를 실험 수업에서 이루어지는 언어적 상호작용과 실험 수업에 대한 개념 생태의 이론적 틀을 바탕으로 살펴보는 데 있다. 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 예비교사와 초임교사 시기, 교사의 실험 수업 담화에서 나타나는 변화는 무엇인가?

- 상호작용의 길이와 양상은 어떻게 변화하는가?
- 상호작용 시작 주체와 질문의 양상은 어떻게 변화하는가?

둘째, 예비교사와 초임교사 시기, 교사의 실험 수업에 대한 개념 생태는 어떻게 변화하는가?

- 교사의 실험 수업에 대한 개념 생태 요소는 무엇인가?
- 교사의 실험 수업에서 개념 생태 요소들은 어떻게 변화하는가?

### 1.3. 용어의 정의

#### 1.3.1. 과학 실험 수업

‘실험 수업’이란 학생들이 주체가 되어 실험실에서 이루어지는 과학수업을 말한다. 본 연구에서 논하는 과학실험 수업은 과학교육에서 이상적으로 논하는 참 탐구(authentic inquiry)에 기반을 둔 실험 수업과 성격이 다르다. 학교에서 이루어지는 실험 수업은 시수와 가르쳐야 할 내용, 평가 상의 어려움 때문에 탐구적으로 이루어지기 쉽지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서 실험 수업은 실험실이나 유사한 환경에서 수행되는 실험을 수반하는 수업활동(양일호, 2006) 한정하였다. 실험 수업은 실험 활동 외에도 실험 전 학습과 실험 후 토론, 정리활동도 포함한다.

#### 1.3.2. 언어적 상호작용

언어적 상호작용은 수업 시간에 교사와 학생이 공동으로 구성해 나가는 수업 담화를 말한다. 수업에서 이루어지는 언어적 상호작용은 상호적-비상호적 차원과 대화적-권위적 차원의 두 가지 차원으로 나누어 볼 수 있다(Mortimer & Scott, 2003). 본 연구에서는 실험 수업에서 이루어지는 담화 중 교사와 학생이 모두 대화에 참여하는 상호적 담화를 중심으로 살펴보았다. 비상호적 담화는 분석에서 제외하였다.

#### 1.3.3. 개념 생태

개념 생태는 지식의 구조와 발달을 생태계에 비유한 용어로, 개념과 개인의 지적 환경 사이의 관계를 의미한다(Toulmin, 1972). 개인의 지적 환경 내 상호작용에 따라 어떤 개념은 발달하는 한편 다른 개념은 억제되거나 도태된다. 개념 생태 요소는 개념마다 다르지만, 인식론적 확신근거와 형이상학적 신념은 개념 변화에 중요한 요소로 알려져 있다(Hewson, 1982; Beeth, 1993). 새로운 개념을 학습할 때 개념 생태는 개

념 선택을 위한 근거와 제한점을 제공하여 학습에 중요한 역할을 한다(Hewson, 1988). 본 연구에서는 실험 수업에 대한 개념 생태를 실험 수업에 영향을 주는 요소들과 그들 사이의 관계로 정의하였다.

#### 1.3.4. 인식론적 확신근거

인식론적 확신근거(Epistemological Commitment)는 개념 생태를 구성하는 요소 중 개념 변화에 중요한 요소이다. 인식론적 확신근거는 인간 지식의 근원이나 본성, 방법과 한계를 탐구하는 개인의 철학적 사고로 자신의 지식이 옳다는 신념을 정당화하는 수단이 어떻게 마련되는지를 보게 한다. 인식론적 확신근거의 하위요소는 일관성, 관찰 또는 경험, 신학적 근거, 권위, 주관적 평가 등으로 이루어져 있다(Hewson, 1985; Beeth, 1993, Park, 1995). 본 연구에서 인식론적 확신근거는 교사가 실험 수업에 대한 계획과 평가의 기준의 관점에서 조사되었으며 어떻게 신념을 정당화하고 있는지를 살펴보았다.

#### 1.3.5. 예비과학교사

예비과학교사는 교원양성기관인 사범대학교 재학생이다. 사범대학은 우수교사 및 교육전문 인력 양성을 목표로 한다(서울대학교 사범대학 홈페이지). 사범대학에서 예비교사들은 교과교육학과 교육학, 전공 관련 학문을 일정 학점 이상 이수하여 교사로서 역량을 갖추게 된다.

#### 1.3.6. 초임과학교사

초임교사에 대한 정의는 교직입문 직후부터 5년까지의 기간 내에서 연구자마다 다양하게 제시되고 있다(Allens & Casbergue, 1997). 초기 교직 단계는 교직 경험을 쌓아가는 입문단계로, 교직관이 형성되는 매우 중요한 시기이다. 또한 학교에 적응하는 데 어려움을 겪는 시기로 알려져 있다(심영보, 2009). 본 연구에는 사범대학 졸업 후 교원임용시험을 통해 교직에 입문한 2년차 초임과학교사들이 참여하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 실험 수업에서 학습의 의미

#### 2.1.1. 사회적 구성주의에서 학습과 교사의 역할

사회적 구성주의에서 학습은 사회문화적 차원에서 먼저 발생하고 그 이후 개인적 차원으로 이루어진다. 다시 말해 학습은 교사와 학생, 학생과 학생 간의 상호작용을 포함하는 사회문화적 과정을 거쳐, 개인에게 지식이 내면화되는 두 가지 과정을 포함한다(Driver, 1995; Vygotsky, 1980; 강인애, 2000). 언어는 개인 간 학습을 중재하는 상호작용을 위한 중요한 도구로 다루어지며 이 과정에서 수업 담화가 형성된다. 단순 암기 이상의 학습이 이루어지기 위해 학습자는 능동적으로 의미를 구성해 나가며 학습 내용을 인지구조에 영구적으로 통합하고 체화한다. 이 때 학습자는 의미 형성자이고, 이 과정에서 사회문화적인 환경은 중요하게 작동한다(이선경, 2015).

사회적 구성주의에서 한 발 더 나아간 상황 학습(situated learning) 이론에서는 학습을 참여하는 것 자체로 바라본다(Lave & Wenger, 1991). 공동체의 실천에 참여하는 것은 지속적이고 암묵적인 경험을 축적하게 하여 의미를 가지게 하며 학습이 일어난다고 보는 관점이다. 동일한 행위라도 상황에 따라 가지는 의미에는 차이가 있다(Wenger, 1998). 의미란 언어와 같은 인공물의 매개를 통해, 상호작용하고 협상하는 과정에서 구성되는 것이다(Wenger, 2007).

따라서 학습을 이해하기 위해서는 교실에서 학습이 이루어지는 상황과 구성원, 인공물들을 맥락적으로 파악해야 한다. 특히 언어라는 행위를 통

해 교사와 학생을 포함하는 교실사회가 어떻게 공동으로 구성되고 달성되는지 관심을 가져야 한다(Vygotsky, 1980). 뿐만 아니라 학습 상황에서 교사의 역할에 주목해야 한다. 교사는 학생의 참여에 직접적인 영향을 미치며 언어적 상호작용의 질을 구성하는 데 결정적 역할을 담당하기 때문이다(강인애, 2003). 교사는 학생들과 함께 수업에 참여하며 대화를 통해 학습 내용을 완성시켜나가는 동료 학습자로서의 역할을 수행해야 한다. 또한 사회적 협상과 협력적 학습이 일어날 수 있는 환경을 조성해야 한다. 구성주의적 교수 실행의 성공은 학생들이 의미를 잘 구성해 나가도록 하는 경험을 제공하였는지 여부에 달려있다(이선경과 신명경, 2017).

### 2.1.2. 교사의 수업 실행에 영향을 주는 요인

실험 수업은 과학 본성의 이해와 과학적 탐구력과 태도의 함양을 목표로 한다. 실험활동은 과학교과에서만 이루어지는 특징적인 활동으로, 다양한 과학 지식들과 실험 절차를 이해하는 복잡한 인지과정을 포함한다. 학생들은 실험활동에 참여하며 지식의 구성과정을 구체적으로 경험한다(Domin, 1999; Tamir, 1976; Lubben & Millar, 1996). 실험은 조작기능이나 수공기능뿐 아니라 귀납적이고 연역적인 과학 탐구 과정의 기능과 의사소통, 상호작용, 협동능력 등의 사회적 기능을 향상시킨다(Wellington, 1998). 이러한 장점 때문에 과학교육에서 실험은 중요하게 다루어지고 있다. 그러나 실제 학교 현장에서는 입시 위주의 교육과 실험 수업에 대한 심리적 부담, 실험기구의 부족, 복잡한 행정절차 등을 이유로 실험 수업이 잘 이루어지지 않고 있다(박현주, 2013; 양일호 등, 2007; 조이연, 2015; 최병순 등, 2009).

교사의 수업 실행에 영향을 미치는 요인에 대한 연구는 활발하게 이루어졌다. 이러한 연구들은 교사의 인지적 특성과 정의적 특성, 외부적 요인 등이 교사의 수업 실행에 영향을 미치는 것을 보여주었다. 이는 수업

실행은 교실 상황이라는 특정한 맥락 속에서 교사와 학생에 영향을 받으며 이루어지는 사회적 활동임을 시사한다.

실험 수업에 영향을 주는 요인에 대한 연구는 크게 교사의 지식, 신념, 외부요인으로 나누어 볼 수 있다. 먼저, 교사의 지식에 대한 연구는 교과 교육학지식(PCK), 실천적 지식(practical knowledge), 교과지식(SMK), 교육학 지식(PK) 등 매우 다양하게 이루어지고 있다. 이러한 연구들은 수업 관찰, 면담, 설문, 개념도의 활용 등을 통해 교사의 수업 실행 관점에서 교사의 지식을 측정하고 이해하려고 노력해왔다. 실천적 지식은 경험의 축적에서 구성되는 교사의 암묵적 지식으로, 개인적이고 실천적인 수업행위를 설명하는 데 유용한 개념이다. 실천적 지식은 교사 자신에 대한 지식, 교수 환경에 대한 지식, 교과 내용에 대한 지식, 교육과정 개발에 대한 지식, 교수에 대한 지식에 대한 내용을 포함한다(Elbaz, 1981). 교과교육학지식(PCK)은 교과 내용을 변형하고 가르치는 형태로 재조직하는 교과 지식과 교육학 지식을 통합한 새로운 영역의 지식이다. PCK는 과학 교수 지향, 과학 교육과정 지식, 과학 평가에 대한 지식, 과학교수 전략에 대한 지식, 학생의 과학이해에 대한 지식을 포함한다. PCK에 관한 연구는 교사가 갖춰야 할 지식을 설명하는 데 의의가 있지만, 교사의 지식 영역을 지나치게 분절하였다는 비판을 받기도 했다(Shulman, 1986; Carlsen, 1999).

다음으로 교사의 신념에 대한 연구를 들 수 있다. 교사의 신념은 교수 실행에 대한 인지적, 정의적 영역의 사고를 포함하는 것으로, 교과 · 교수 · 학습 및 학습자 · 교사의 교수 학습 · 교사의 역할에 대한 신념으로 나누어 볼 수 있다. 교사는 자신의 해석을 통해 수업 목표와 내용 설정하고 수업 방법을 채택하기 때문에, 교사의 지식보다 신념이 교수의 실재를 결정하는 강력한 원인이 될 수 있다(Calderhead, 1996; Clark & Peterson, 1986; Kagan, 1992). 예를 들어, 교사의 인식론적 신념은 지식과 지식을 얻는 방법에 대한 믿음으로 정의되며 교수 실행에 관련된 행동과 밀접한 관련을 가진다고 가정한다(Hofer & Pintrich 2002; 윤혜경 등, 2015), 그러나 교사들의 신념과 실재가 일치하지 않는다는 연구 결과

도 다수 이루어졌다(Haney & McArthur, 2002; Lederman, 1999; Raymond, 1997).

마지막으로 교사의 외부적 요인들이 실행에 영향을 미치기도 한다. 문화역사활동이론(Cultural Historical Activity Theory; CHAT)은 실행에 미치는 외부적 요인의 영향을 분석하는 데 활용할 수 있는 유용한 틀이다. CHAT을 통해 교사의 외부적 요소들을 분석하고, 각 요소들 간의 모순과 갈등을 밝힘으로써, 새로운 교수학습 활동의 방향성을 탐색하는 연구가 수행되어 왔다((Engestrom, 1987; Hwang et al., 2018). CHAT은 주체, 공동체, 구성원 사이의 역할분담, 인공물, 규범의 요소로 구성되며, 요소의 변화, 요소 간의 상호작용을 분석하여 공동체의 학습과 발달을 탐색한다(Engestrom, 1987). 그러나 CHAT은 분화된 구성요소의 분석에만 머물렀다는 점과 구성요소 외의 다른 요소에 배타적이라는 비판을 받기도 하였다.

국내에서도 실험 수업 실행에 영향을 주는 요인에 대해 지속적으로 이루어지고 있다. 과학지식과 실험 수업에 대한 교사의 신념과 인식, 자아 효능감과 교사의 태도, 사회문화적 요소와 외부요인, 교사의 지식 등 연구자 별로 다양한 요인들이 실험 수업의 실행에 영향을 준다고 알려져 있다. 연구 방법 또한 면담이나 설문, 공동반성, 자기연구, 수업 관찰 등으로 다양하게 나타나고 있다. 교사의 실험 수업 실행에 영향을 미치는 요인에 대하여 이루어진 국내연구들의 일부를 정리하여 표 1에 제시하였다.



표 1. 실험 수업에 영향을 주는 요소들: 국내 선행연구의 예

	임재근 등 (2010)	박경원 등 (2011)	심현표 등 (2013)	장진아 등 (2014)	조이연 등 (2015)	박지선 등 (2016)
인지적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실험에 대한 신념</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실험 수업의 목적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실험 수업의 목적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목적: 실험 수업</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학에 대한 인식론적 신념</li> <li>• 과학 교수에 대한 인식론적 신념</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학 내용 지식</li> <li>• 교과교육학 지식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실험계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학 내용 지식</li> <li>• 교수법 지식</li> <li>• 교과교육학 지식</li> <li>• 교육과정 지식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도구: 교과서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교과서와 교육과정</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생에 대한 이해</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생에 대한 지식</li> </ul>			
정의적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학교과에 대한 관심</li> <li>• 실험자신감</li> </ul>					
외부적				<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공동체 문화: 지역, 학급의 특징</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상호작용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학습자의 참여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 규칙: 학생의 참여</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상호작용의 종류</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시간, 예측가능한 상황</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도구: 실험도구</li> <li>• 규칙: 시간</li> <li>• 제도: 전임교사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교육 부담, 실험 시설 및 도움, 평가 및 진학</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제도(시간, 필수 실험활동)</li> </ul>

그러나 위의 연구들은 실험 수업 실행을 영역별로 나누어 제시하거나 요소 간 관계에 대한 설명이 이루어지지 않아 실행의 총체적 맥락을 파악하기는 어렵다. 요소들 사이의 관계에 주목하고자 하는 CHAT 역시, 실행의 맥락을 강조하고 있지만 그 구성요소가 6가지로 고정되어 있어, 그 외의 요소들과 실행의 연관성을 살피는 데에 활용되기 어렵다. 따라서 실행과 사고의 맥락을 총체적으로 아우를 수 있는 분석 도구가 필요하다.

## 2.2. 의미 형성 과정으로 언어적 상호작용

### 2.2.1. 의미 형성 과정으로서 담화연구

사회적 구성주의의 대두와 함께 교실 맥락에서 언어를 통해 지식을 발달시켜나가는 과정에 대한 연구의 흐름이 형성되었다(Duit & Treagust, 1998). 언어적 상호작용에 대한 연구들은 지식의 공동 구성을 추구하고 사회적 구성주의를 기반으로 하며 질적 연구방법을 적용하여 수행하는 공통점을 가진다(Anderson, 2007). 교사와 학생이 함께 구성하는 수업 담화는 과학 수업을 이해하는 데 중요한 역할을 한다. 교사의 언어를 통해 정보가 제공되고, 의미구성의 절차와 과정이 중재되기 때문이다. 교사의 발화는 수업상황이나 학생들의 반응에 따라 지속적으로 재구성되고, 학생들과의 상호작용을 통해 수업 담화가 완성된다(Chin, 2006; Edward & Mercer, 1987<sup>1)</sup>; Lemke, 1990).

교실에서 이루어지는 상호작용을 파악하기 위해 수업 담화의 구조나 유형을 제시하고, 특징을 설명하려는 연구들이 이루어졌다(Dauhger & Cossman, 1992; Moje et al., 2001; Mortimer & Scott, 2003; Anderson, 2007; Smith & Anderson, 1999; Wellington & Osborne, 2001). 이러한 연구들은 수업 상황에서 발생할 수 있는 담화의 유형들을 분류하고, 활동 목적이나 담화 형태에 따른 교사의 역할을 제시하였다.

과학 수업 담화를 의미형성의 과정으로 살핀 대표적 연구로 Mortimer & Scott(2006)의 연구를 들 수 있다. 그들은 과학 수업에서 드러나는 관점의 수에 따라 두 가지 유형의 담화, 즉 권위적 담화(authoritative discourse)와 대화적 담화(dialogic discourse)를 제시하였다. 먼저, 권위적 담화는 학교 과학에서 제시하는 특정 관점에 초점을 맞춘다. 습득해야 할 과학 지식은 이미 선정되어 있으며, 학생들은 과학 개념을 확인하고 학습한다. 두 번째 유형인 대화적 담화는 학교 과학에서 제시하는 관

점 이외에도 학생들의 다양한 관점을 수용한다. 대화적 담화는 학생들의 과학 탐구 능력을 향상시키고 과학의 본성을 이해하게 하는 데 필요하다. 과학 수업에서 의미를 구성할 때 두 가지 유형은 긴장을 이루며 함께 나타난다. 이러한 연구들은 수업 실행을 보는 유용한 틀을 제공하였다. 또한 권위적 담화와 대화적 담화의 조화를 고려하여 생산적인 과학 수업을 계획하고, 현재 이루어지는 교수 상황을 점검할 필요가 있음을 보여주었다.

국내에서도 위의 틀을 활용하여 과학 수업에서 이루어지는 담화를 분석하는 연구들이 이루어졌다. 이 연구들을 통해 담화의 양상은 수업 진행 단계별로 다르게 나타나며, 개념을 다룰 때나 교사의 지식이 부족할 때 권위적 담화 양상이 두드러진다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 연구들은 교사가 발화가 수업 담화를 구성하며 학생의 사고와 활동 수준에 영향을 줄 수 있으므로 수업 실행에 언어적 상호작용을 고려할 필요가 있음을 시사하였다(김혜리 등, 2010; 유금복 등, 2014 이화진 등, 2013; 조은영과 한신, 2015).

### 2.2.2. 수업 담화에서 질문과 피드백

수업 상황에서 교사의 질문과 피드백의 중요성은 여러 연구에서 강조하고 있다. 교사가 학생들의 대답에 응답하는 방식에 따라 학생의 사고는 크게 달라질 수 있다(Martin Nystrand, 1997). 교사의 질문은 학생의 참여와 과학적 사고를 증진시킬 수 있다, 또한 실험 수업에서 교사의 발문은 교수 전략 중 하나이다(Koufetta-Manicou & Scaife, 2000). 학생의 수행에 대한 교사의 적절한 피드백은 학생에게 결과를 재검토하게 하고 과제 부담감을 감소시켜 과학에 대한 흥미와 자신감을 향상시키기도 한다(남정희 등, 2004; 이현주 등, 2000).

교사의 질문은 학생들의 참여와 사고에 영향을 미치는 중요한 요인이다. 교사의 질문은 학생들이 탐색하게 하고, 사고를 확장하게 하며, 학생

의 경험과 선행지식을 활용하게 하여 학생 스스로 지식을 구성하도록 돕는다(Chin, 2007). Gallagher(1965)는 교사의 개방적 질문이 5% 증가할 때 학생의 과학적 사고를 포함하는 개방적 반응이 40% 증가하였다는 결과를 제시하며, 교사 발문의 중요성을 강조하였다. 또한 McNeil & Pimentel(2009)은 교사 질문 유형을 개방적 · 폐쇄적 · 수사적 · 관리적 유형으로 분류하여 수업 담화를 분석하고, 교사가 개방적으로 묻고 중립적으로 반응할 때, 학생이 담화에 참여하여 지식을 구성한다는 결과를 제시하였다.

교사의 질문뿐만 아니라 학생의 질문도 학습에 중요하다. 학생의 질문은 학습자의 맥락에서 의미 있는 것을 바탕으로 이루어진다. 따라서 학생의 질문을 시작으로 이루어지는 상호작용은 학생의 동기유발과 참여, 흥미를 높은 수준으로 이끌어 낼 수 있다(Chin, 2007; Hudson, 2009). 또한 학생의 질문은 학생의 사전 지식을 표현하고 학생들에게 지식 구성의 책임감을 높인다. 이러한 경우 교사와 학생의 상호작용은 교사의 반응, 이어지는 학생의 진술을 이끌며 반응적 토스(reflective toss)라는 특정한 유형으로 분류된다. 반응적 토스의 형태는 교사가 학생의 자원을 포착하게 할 뿐 아니라 학생 스스로도 의미를 명확하게 하고 다양한 관점을 고려하며 생각을 모니터링하는 반응적 담화로의 변화에 도움이 될 수 있다(van Zee & Minstrell, 1997).

Chin(2006; 2007)은 교사가 학생의 반응에 어떻게 응답하는지에 관심을 두고 연구하였다. 교사의 반응으로 정답 직접 확인, 관련 질문 제공으로 개념을 확장, 오답에 대한 정답 제시, 오답에 판단 중지와 재질문 등 4개의 유형을 확인하였다. 또한 질문이 학생의 지식 구성을 중재하는 도구로 사용될 수 있음을 고려하며 이를 토대로 질문에 기반한 담화분석틀을 제시하였다. 이러한 연구 결과를 통해 교사의 질문과 반응에 따라 수업의 질이 달라질 수 있음을 보이며 실천적 도구로서 질문의 역할을 제안하였다.

## 2.3. 개념 생태 이론

### 2.3.1. 개념 생태(Conceptual Ecology)

개념 생태는 Toulmin(1972)에 의해 은유적으로 사용된 개념으로, 개인의 개념이 발달하고 변화하는 모습을 생태학적 관점을 가지고 바라보는 것이다. 개인의 개념 생태는 새로운 정보에 관계를 맺는 의미 구성 방법에 차이를 가지게 한다(박현주와 최병순, 2001). 생태계에서 개체가 적응하는 과정과 마찬가지로 선택된 개념은 생태적 적소를 차지하여 관련된 개념의 발달과 억제를 주도한다. 학습 상황에서 개인은 기존 존재하는 지식이나 용어들과의 관련성이 높고 타당하다고 판단되는 개념을 우선순위에 위치하게 한다(정재훈과 김영신, 2011). 이렇게 결정되는 개념의 지위는 개념 변화에 중요한 역할을 하게 된다(Strike & Posner, 1985; 이선경과 강경희, 2001).

개념 생태에 대한 연구는 개념변화에 영향을 미치는 개념 생태요소에 대한 탐색으로 이어졌으며, 개념 생태의 구성요소와 하위요소는 연구자별로 다양하게 논의되었다. 이러한 요소의 차이는 연구에서 설정한 과학 개념의 특성과 수집한 자료에 따라 달라지기 때문이다(이선경, 2015).

초기 개념 생태 연구들은 인지적 측면을 중심으로 다루어졌다. 또한 합리적인 학습 과정의 관점에서 개념 변화가 합리적인 방향으로 이루어진다는 논의를 진행했다. 개념 생태의 여러 요소 중 인식론적 확신근거(epistemological commitment)와 형이상학적 신념(metaphysical belief)은 개념의 내적 일관성과 일반화에 영향을 주는 개념 이해의 중요한 요소로 알려져 있다(Beeth, 1993; Hewson, 1985; Roth & Roychoudhury, 1994; Strkie & Posner, 1985; 이선경, 2015). 인식론적 확신근거는 여러 측면에서 성공적으로 설명되는 확신으로서 작용하는 근거이다. 특정 상황 이외의 다른 상황에서도 일관적으로 적용되며, 다양한 상황에서 일반화되도

록 확신을 가지게 하는 개념 생태 요소이다. 형이상학적 신념은 우주의 본성에 대한 신념, 과학과 세상 사이의 관련성에 대한 신념, 물질과 존재에 대한 신념 등을 포함한다. 형이상학적 신념을 토대로 자연과 과학 이론을 해석할 때 일관적인 설명은 인식론적 확신근거에 영향을 준다.

그러나 개념 변화가 항상 합리적인 방향으로 이루어지는 것은 아니다. 이후에 진행된 개념 변화 연구에서의 개념은 개념 생태가 작용하는 대상이자 일부임이 강조되었다. 따라서 개념 변화는 개인의 총체적 관점으로 바라봐야 하며, 인지적 영역 뿐 아니라 동기, 목표, 교육적 근원과 사회적 근원 등이 개념 생태의 요소로 함께 고려되어야 한다(Demasters et al., 1995; Pindrich et al., 1993; Park 1995; 허남영, 2007). 동기 요인(motivational constructs)은 목표, 가치, 자기효능감, 신념의 조절을 포함하며 개념변화의 잠재적인 중재자로 작용한다. 교실 맥락의 문화와 언어 등의 다양한 상황 요인(classroom contextual factors)은 동기부여와 개념변화 사이의 관계를 조절하는 역할을 한다.

다시 말해, 개념 생태는 특정 개념에 대한 개인의 총체적인 지식을 포함하며, 개념 생태 내 요소들 간의 상호작용을 통해 어떤 개념은 지위를 높이고 다른 개념은 방해하여 지위를 낮추는 등, 특정 개념에 대한 적소를 찾게 된다(Beeth, 1998). 연구자 별로 밝혀낸 개념 생태의 구성 요소는 표 2와 같다. 연구자마다 개념 생태의 요소는 다르게 나타나지만, 각 요소가 환경과 상호작용하며 개념의 지위를 변화시키는데 영향을 준다는 것은 공통적인 의견이다(Park, 2006).

표 2. 연구자 별 개념 생태의 구성 요소(이선경, 2015)

Pintrich et al. (1993)	Strike & Posner(1985)	Park(1995)	강경희와 이선경(2001), 박지은과 이선경(2006)	허남영 (2007)
• 인지요인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 변칙 사례 (Anomaly)</li> <li>• 표본 예, 이미지</li> <li>• 과거 경험(past experience)</li> <li>• 기타 지식 (Other knowledge)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개념</li> <li>• 과거 경험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개념</li> <li>• 과거 경험</li> </ul>	• 만족설명감
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인식론적 확신 근거 (Epistemological commitment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인식론적 확신 근거</li> <li>• 지식·학습·개념의 본성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설명일관성</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 형이상학적 신념과 개념 (Metaphysical beliefs)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 형이상학적 신념</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 은유와 비유 (Metaphor and analogy)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비유</li> </ul>	
• 동기요인(motivational construct)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 해결 전략</li> </ul>		
• (교실)상황 요인(classroom contextual factors)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정의적 영역</li> <li>• 감정적 측면</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지식소유감</li> <li>• 교수책무감</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문화와 언어</li> </ul>		

### 2.3.2. 학습과 개념 변화

개념 생태에 대한 이해는 개념 변화가 이루어지는 학습과 학습 과정에

대한 총체적인 이해를 기반으로 한다. 개념 변화 이론에서 학습은 학습자의 개념 생태에서 요소들 간 상호작용을 통해 특정 개념의 지위를 상승 또는 하강시킨다. 따라서 특정 개념을 구성하는 요소들의 존재를 인식하고 요소들 사이의 연관성을 알아야 효과적인 학습이 이루어질 수 있다(Beeth, 1993; Strike & Posner, 1992).

개념 생태 연구들은 학생들의 특수상대성 이론이나 진화론 수용 과정에서 개념 생태 요소의 변화를 살펴보거나(Athanasiou et al., 2012; Posner et al., 1982), 유전, 열, 힘, 광합성 등 학생들의 단원 학습 과정을 개념 생태로 분석하며 요소들 간의 상호작용으로 학습의 과정을 설명하기도 하였다(Park, 2006; 김미영과 이길재, 2007; 박지은과 이선경, 2007; 여채영 등, 2011). 대표적인 국내 연구의 사례로, 이선경과 강경희(2001)는 중학생의 ‘힘’ 개념 생태 연구에서 주요 요소는 문제 상황을 설명하고 해결하기 위해 활성화된 개념들과 해당 개념의 토대를 이루는 과거경험, 연관된 개념들의 맥락을 이룬다고 보고하였다. 이외에도 학생들의 과학 학습관이나 생물 존재 필요성에 대한 개념에 영향을 주는 개념 생태 요소를 분석하는 연구도 수행되었다(송현미와 정완호, 2001; 박현주와 최병순, 2001). 두 연구에서는 인식론적 확신근거나 형이상학적 신념을 비롯한 개념 생태의 요소들이 서로 밀접한 관련을 가지고 학생들의 개념 형성에 영향을 미친다는 것을 보여준다.

학습 과정에서 학생이 가지고 있는 비과학적 개념(오개념, 대안 개념, 소박한 개념)을 재구성하여 과학 개념으로 변화시키는 것은 중요한 과제이다. 그러나 개념 변화는 쉽게 이루어지지 않는다. 개념은 홀로 존재하는 것이 아니라 다양한 요소들이 엮인 개념 생태로 존재하기 때문이다(Posner et al., 1982; Vosniadou, 1994, 이선경과 신명경, 2017). 학생들은 수업 전 이미 경험을 기반으로 한 자신의 개념을 형성하고 있으며, 형성되어 있던 개념은 수업 후에도 잘 변하지 않는다고 알려져 있다(Adadan et al., 2010; Coll & Treagust, 2003; Strike & Posner, 1985; 박지연과 이경호, 2004). 이러한 연구들은 학생의 개념 변화를 이끌 수 있는 방법에 대한 고민에서 비롯된 것이다. 즉 학습자의 개념 변화에 대한 연구들



은 학습자 중심의 적절한 처방을 제공하는 교수방법의 탐색을 목적으로 하고 있다(이선경, 2015).

개념 변화는 예비교사와 교사에게서도 이루어진다. Deniz(2008)는 예비 교사의 진화론 수용은 인식론적 신념과 사고성향, 부모의 교육 정도의 상호작용에 따라 결정된다고 보았다. 허남영(2007)은 교사가 교수 상황에서 경험하는 물리 개념 변화에 대한 탐색을 통해 물리 개념의 변화를 일으키는 맥락은 두 개념을 연결하여 설명하거나 개념을 구성하는 설명의 양적, 질적 변화가 나타날 때 형성된다고 주장하였다.

본 연구에서는 개념 변화를 교사교육의 측면으로 확장해보고자 한다. ‘학생’을 ‘교사’로, ‘특정 과학’ 주제에 대한 개념 변화를 ‘실험 수업’ 개념의 변화로 바꾸어볼 수 있을 것이다. 실험 수업은 전통적 교수실행이 구성적 교수실행으로 변화가 필요하다(개념 변화). 그러나 교사는 이미 전통적 실험 수업 경험을 토대로 실험 수업에 대한 개념을 가지고 있으며, 이는 쉽게 변하기 어렵다는 성질을 지니고 있다(소박한 개념). 그러나 교사의 실험 수업 실행에 대한 다양한 개념 생태 요소들과 그 상호작용을 살펴본다면, 적절한 실험 수업 실행에 대한 교사교육 방법을 탐색할 수 있고, 이를 통해 실험 수업의 주요 실행자로서 교사에게 적절한 대안을 마련해줄 수 있을 것이다(개념 변화를 위한 교수 방법의 탐색). 따라서 실험 수업에 대한 교사의 개념 생태를 분석하는 것은 실험 수업에서 예비교사와 초임교사가 고려하는 요소의 변화를 볼 수 있는 틀로 작용할 수 있을 것이다.

### 2.3.3. 교사교육에서 개념 생태에 관한 연구

Southerland, Johnston과 Sowell(2006)은 일반적으로 이루어지는 교사나 학생의 과학 개념에 관한 개념 생태 연구에서 과학의 본성에 대한 개념 생태 연구로 확장을 시도하였다. 이 연구에서는 다섯 명의 예비교사를 대상으로 교사교육 과정에서 상호작용, 쓰기 자료, 설문, 인터뷰 자료

를 수집하여 과학의 본성에 대한 개념 생태(NOS)를 분석하였다. 먼저, 광범위한 문헌연구를 통해 NOS에 대한 이해를 발전시킬 수 있는 유력한 요소들을 추출하였고, 이를 기반으로 자료의 귀납적 분석을 통해 과학의 본성에 대한 생산적이라고 판단되는 8가지 개념 생태 요소를 제시하였다. 8가지 요소는 과거경험, 과학에 대한 감정, 자아효능감, 학습 성향(열린 마음, 인지적 필요, 모호함에 대한 인정, 반성적 사고), 인식론적 신념(다양한 권위의 자각), 학습과 학습자에 대한 신념, 과학을 보는 관점(결과적 지식과 과정), 종교적 신념이다. 다음으로 과학의 본성에 대한 개별 교사의 입장을 정리한 교사의 NOS 개념틀(conceptual framework)을 개념 생태요소와 함께 분석하였다. 분석은 개별 교사의 사례 내 분석과, 교사들 사이의 사례 간 분석으로 이루어졌다. 이 연구는 교사교육에 있어 NOS에 대한 개념 생태 전반을 염두에 두어야 한다는 것과, NOS 개념 변화를 이루기 위해 교육과정상에서 명시적으로 논의해야 할 요소들에 대한 시사점을 제공하였다.

이를 기반으로 국내에서도 양일호 등(2012)과 강두호와 남상준(2014)이 실험 수업과 탐구수업에 대한 개념 생태를 조사하였다. 양일호 등(2012)은 과학 실험 수업에 대한 교사의 개념과 개념 생태를 분석하기 위해 반구조화된 심층면담을 실시하여 실험 수업에 대한 개념 생태 요소로 인식론적 신념, 정서적·감정적 측면, 교수-학습 성향, 경험, 자아효능감을 제시하였다. 강두호와 남상준(2014)은 3명의 사회교사가 탐구수업을 어떻게 수용하고 재구성하는지, 개념을 획득하고 변화하는데 영향을 미치는 요인을 개념 생태적 해석을 통해 파악하고자 하였다. Southerland 등(2006)의 틀을 활용하여 면담과정에서 수집한 자료를 바탕으로 요소들을 재범주화하고 수정하여 권위, 지식관, 학습자에 대한 신념, 사회교과에 대한 사고, 교수 성향, 관련 개념, 정서 및 동기, 과거 경험, 학교 체제 등의 9가지 개념 생태 요소와 요소 간의 관계에 대해 설명하였다. 이 연구는 교사 변인의 중요성을 인식하여 교사의 다양한 개념 생태를 확인하고 개념 생태 요소의 조화를 이루는 방안을 모색할 것에 대해 주장하였다. 또한 이러한 분석을 통해 탐구수업 시도에 대한 효과적인 방안을 강

구할 수 있음을 시사하였다. 표 3은 교사의 과학의 본성, 실험 수업, 탐구수업에 대한 개념 생태 요소를 앞 절에서 제시한 과학 개념의 개념 생태 요소와 대조한 표이다.

표 3. 교사의 개념 생태 요소 비교

	Park(1995)	Southerland (2006)	양일호 등 (2012)	강두호와 남상준 (2014)
개념 분석 대상	학생의 과학 개념 (낙엽이 떨어지는 이유)	예비교사의 NOS	교사의 실험 수업	교사의 탐구수업
인지적	개념	과거 경험	경험	관련 개념
	과거 경험			과거 경험
	인식론적 확신 근거			
	지식·학습·개념의 본성	인식론적 신념(과학에 대한, 학습에 대한) 학습자에 대한 신념, 과학을 보는 관점	인식론적 신 념	지식관 학습자에 대한 신념 사회교과에 대 한 사고
	형이상학적 신념	종교적 신념		
	문제해결 전략			권위
정의적	정의적 영역 · 감정 적 측면	과학에 대한 감정, 자아효능감, 학습 성향(열린 마음, 인지적 필요, 모호함 에 대한 인정, 반성적 사고)	정서적, 감 정적 측면 자아효능감 교수-학습 성향	정서 및 동기, 교수 성향
상황적	문화와 언어			학교 체제

수업의 실재를 이해하기 위해서는 복잡한 수업 상황에서 교사가 마주하는 여러 사건들과, 이에 대한 교사의 사고과정에 대한 이해가 바탕이 되어야 한다(문호준과 김무영, 2007). 수업의 실재를 이해하기 위해 교사의 사고에 대한 연구들이 이루어져왔다. 교사의 경험과 지식, 인식 등의

사고과정은 수업 전략에 대한 필터로 작용하고, 이에 따라 실험 수업이 다양한 양상으로 작용하게 된다(윤혜경, 2008). 또한 교사의 다양한 인식과 신념, PCK와 실천적 지식, 사회문화적 맥락, 자신감, 관심, 이미지 등이 실제 교수행동에 보이는 영향을 살펴보기 위한 연구들이 많이 이루어졌다(박경원, 2011; 박지선 등, 2016; 윤혜경 등, 2015; 임재근 등, 2010; 조영미와 오필석, 2011; 팽애진과 백성혜, 2005; 한유화 등, 2014). 앞서 제시한 연구들을 종합해 보면 교사의 실험 수업 실행은 개별 요인이 결정하는 것이 아니라 다양한 요소들이 상호적 · 복합적으로 영향을 미치며 끊임없이 변화하여 구성되는 것임을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 포괄적이고 복합적으로 교사의 실행을 살펴보기 위하여, 개인의 개념이 생성되는 데 지적 환경의 여러 요소들이 상호작용하여 발달되고 억제된다는 개념 생태의 방법론적 분석 틀을 차용하였다. 개념이란 사고나 판단 결과로 형성된 여러 생각의 공통 요소를 추상화하여 종합한 보편적 관념이다(서울대학교교육연구소, 1995). 본 연구는 기존 과학교육에서 바라보는 개념의 의미를 현상에 대한 이해로 확장하여 교사의 ‘실험 수업’의 변화에 있어 개념 생태의 어떤 요소들이 드러나는지 살펴보았다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1. 연구 참여자

본 연구에는 두 명의 교사와 그들이 예비교사와 초임교사 시기에 실험 수업을 담당했던 학생들이 참여하였다. 예비교사와 초임교사 시기의 실험 수업을 탐색하는 것이 목적이므로, 사범대학 재학 시기에 학생을 대상으로 하는 실험 수업 경험이 있고, 교직 임용 후에도 실험 수업을 중요하게 생각하며 실행의 추적이 가능한 교사들을 의도적으로 선정하였다. 실제 예비교사들 중 교직에 입문한 사례는 사범대학 입학 목적과 진로의 선택, 임용고사라는 절차적 어려움 등으로 인하여 매우 드물게 나타났다.

연구 참여자인 두 교사는 서울소재 생물교육과 입학과 졸업 동기로, 임용고사 도전 2회 차에 함께 통과하여 2017년부터 교직에 입문한 매우 가까운 관계이다. 사범대학 재학 1학년 시절부터 실험교육 동아리 활동에서 연구자와 인연을 가졌으며, 졸업 후에도 연구자와 라포를 형성하고 있었다. 따라서 예비교사와 초임교사 시기 실험 수업을 구체적으로 살펴보기 위해 두 교사를 선정하였고 연구자의 목적을 공유하며 두 교사는 모두 긍정적으로 연구에 참여하였다. 연구 참여자의 구체적인 배경은 다음과 같다.

##### 3.1.1. 교사 A

교사 A는 지방소재 일반계 고등학교를 졸업하였으며 교사가 되겠다는 꿈을 가지고 사범대학에 입학하였다. 고교시절 교내 학업성취는 매우 우

수하였다. 과학에 흥미와 호기심은 가지고 있지만, 중·고등학교 시절 실험경험은 적고 전형적인 강의식 수업을 통해 과학을 학습하였다. 사범대학 재학 시기 동안에는 실험에 대한 막연한 두려움을 가지고 있어, 전공 필수 실험 수업에서 위축되는 모습을 보이기도 했다. 과학의 어려운 개념을 일상의 언어로 설명해내는 능력이 탁월했는데, 동아리 실험 수업과 교육실습을 함께한 동기들은 예비교사 A를 “톡톡 튀는 아이디어”, “아이들 눈에 딱 맞는 설명을 제공하는 예비교사”라고 표현하였다. 최초 중등 임용고시에서 탈락하자 교직 임용에 불안한 마음을 가지고 임용고시 재도전과 동시에 의학전문대학원에도 지원하였다. 이후 임용고시에 합격한 후 의대 진학을 포기하였고, 현재는 서울시내 중학교에 근무 중이다. 전공은 생물교육이지만 동일한 전공을 한 선배교사의 개인적 사정으로 인하여 전공 분야 수업을 양보하고, 중학교 2, 3학년의 화학과 지구과학을 담당하였다.

교사 A가 재직 중인 학교의 사회경제적 지표는 중하 수준이다. 수업에서 다루는 개념적 수준이나 학생들의 발화를 볼 때 사교육을 많이 받는 지역의 학생들에 비해 학업수준은 상대적으로 낮은 편이었다. 교사 A는 근무지역을 학급당 기초생활 수급자가 다수인 열악한 환경으로 표현하였다. 또한 수업지도에 앞서 생활지도 측면에서 어려움을 표현했다. 부임 첫 해 1학기 초에는 교사 A의 해결을 요하는 다양한 문제들이 발생하였고 이러한 이유로 근무 1년 차의 자료는 수집할 수 없었다. 2년 차의 교사 A는 보다 교직 수행이 보다 안정적으로 이루어졌고 연구자의 실험 수업 참여 관찰이 가능했다.

실험 수업에서는 번호 순서대로 남녀를 고르게 섞어 6개의 모둠을 구성하였고, 실험 수업의 진행은 교사와 학생의 원만한 상호작용을 토대로 이루어졌다.

교사 A는 실험교육 동아리에 1-2학년 시기에 열심히 참여하였으며 고학년이 될수록 참여도는 감소하였지만 지속적으로 참여하고 있었다.

### 3.1.2. 교사 B

교사 B는 서울소재 과학 고등학교를 졸업하였으며 생물학에 대한 지식이 매우 풍부하였다. 과학고에서 다양한 실험과 다양한 방식의 과학 교수-학습을 경험하였다. 실험에 대한 풍부한 경험으로 대학에서도 실험 접근에 두려움이 적었다. 대학에서 학업성취는 최우등 졸업을 할 정도로 매우 뛰어났다. 학과 동기들로부터 “예비교사 B는 가장 똑똑한 친구”, “모르는 걸 물어보는 뭐든 답해주는 친구”라는 평가를 듣는 등 과학 내용 지식과 실험에 대한 이해가 깊은 편이었다. 교사이신 아버지의 영향을 받아 교사의 꿈을 가지고 생물교육과에 진학하였으며, 학년이 높아질수록 진로에 대한 고민을 깊이 하다가 초기 꿈을 따라 교사가 되기로 결정하여 임용고사를 거쳐 교직에 입문하였다. 과학 실험과 연구에 대한 관심과 열정이 높은 편으로 교직 입문 후 적정한 시기에 특정 과학 내용에 대한 대학원 진학을 고려하고 있었다. 현재 서울에 있는 과학중점 고등학교에서 근무 중이며 담당한 과목은 생명과학1과 생명과학탐구실험이다.

교사 B가 부임한 지역의 사회경제적 지위는 높은 편으로, 학부모들은 자녀의 학업에 대한 관심이 높고 경제적인 지원도 충분하게 이루어지고 있었다. 대부분의 학생들은 선행학습이 이루어진 상태에서 학교수업에 참여하였다.

연구에서 관찰한 고등학교 2학년 학생들은 과학중점반 남학생들로, 과학에 대한 관심과 성취능력이 높은 편에 속하였다. 또한 학생들은 대학 입학에 대한 관심이 높으며, 학교 수업을 대학입학과 관련지어 생각하였고 자신의 필요에 따라 수업 참여 정도를 결정하였다. 이러한 점은 교사 B에게 고민으로 다가오기도 하였다. 교사 B는 학생들의 수업 참여 정도가 수업과 대학 입시의 관련 유무에 따라 달라진다고 인식하였다.

교사 B는 사범대학 시절 실험 교육 동아리 활동에 매우 적극적으로 참여하였다. 동아리는 1학년 때 가입하였으며, 2학년 때는 동아리 참여자

중 가장 많은 실험 수업에 참여하였다. 3학년은 동아리 회장을 맡아 실험교육 동아리의 운영과 관리를 담당하였다. 또한 과학교육 연구에 대한 관심을 가지고 연구자가 속한 연구팀의 연구에 1년 동안 참여한 경험을 가지고 있다.

두 연구 참여자에 대한 소개는 표 4에 간략하게 나타내었다.

표 4. 연구 참여자 소개

	교사 A	교사 B
출신 고등학교	지방소재 공립 고등학교	서울소재 과학고등학교
동아리 활동	적극적	매우 적극적
근무처	중학교	과학중점 고등학교
담당과목	화학, 지구과학	생명과학1, 생명과학탐구실험
담당학년	중학교 2,3학년	고등학교1,2학년
근무지 지역특성	사회경제적 지위 중하	사회경제적 지위 중상

### 3.2. 자료의 수집

본 연구는 예비교사와 초임교사 시기의 실험 수업을 구체적으로 살펴보고자 다양한 자료를 수집하였다. 예비교사 시기는 상대적으로 수업의 기회가 적은 시기이지만 동아리 활동을 통해 예비교사 실험 수업 실행 자료를 수집할 수 있었다. 2012년부터 2015년까지 4년 간 매 해 10회 실험교육 동아리의 수업을 참여 관찰하고 수업 녹화를 했으며, 그 중 연구 참여자가 포함된 자료를 선택하였다. 수집한 자료에 대한 설명은 다음 절 연구의 맥락에서 상세히 소개하였다. 초임교사 시기는 교직임용 2년 차의 자료를 학교의 허락을 얻어 교사 당 3회의 실험 수업에 대한 자료



를 수집하였다. 각 시기별 실험 수업을 참여 관찰하였고, 상호작용 확인을 위해 수업을 녹화 및 녹음하였다. 또한 수업 후 이루어진 실험 수업에 대한 논의와 심층 면담, 강의 자료와 활동지를 비롯한 기타 유인물 등의 다양한 자료를 수집하였다. 실험 수업과 논의 및 심층 면담 자료는 전사하여 사용하였다. 수집한 자료의 내용은 표 5와 같다.

표 5. 실험 수업 관련 자료 수집

수집 자료	예비교사 실험 수업 실행	예비교사 실험 수업 실행	초임교사 실험 수업 실행
자료 수집 시기	2012년	2013-2015년	2018년
수업 녹화·녹음 수업 관찰	매 해 약 10회	매 해 약 10회	3회
평가회 및 면담 자료	매 수업 직후	매 수업 직후	수업 직후 관찰 종료 후 추가 면담
기타 수업 자료	수업자료, 활동지, '멘토의 역할'	수업자료, 활동지, '멘토의 역할'	수업자료, 활동지, 교과서, 참고서
결과 제시	연구의 맥락에 제시	연구 결과에 제시	

이 연구는 자료수집이 오랫동안 이루어졌으며 많은 양의 자료가 수집되었다. 실험 수업 내용은 교육과정을 염두에 두지 않았던 예비교사 시기와 교육과정 내에서 이루어지는 초임교사 시기에 차이가 있어, 동일한 내용과 목적을 가진 실험 수업 실행을 관찰하는 데 어려움이 있었다. 수집한 자료 중 교사의 실험 수업 실행양상을 연속적으로 바라보기 위하여 유사한 종류의 실험 수업을 선정하여 관찰하기 위해 노력하였다. 따라서 유사한 활동을 포함하는 실험을 선정하여 분석에 사용하였다. 분석에 사용한 실험 수업에 대한 내용은 다음과 같다.

### 3.2.1. 예비교사 실험 수업 실행 자료

예비교사 시기는 교직에 입문하기 전 사범대학 재학 시기를 말하며, 이 시기의 실험 수업 실행은 동아리 활동 참여라는 특별한 상황적 맥락에 놓여 있다. 동아리 활동으로 이루어진 실험 수업은 모두 별로 진행되었다. 실험 수업 실행을 자세히 살펴보기 위해 참여자들이 속한 조에 각도가 다른 2대의 카메라를 설치하였고, 녹음기를 교사에게 설치하여 각각의 자료를 전사한 후 전사본을 통합하여 사용하였다.

실험 수업 평가회는 실험 수업 직후 약 1시간 정도 실험 수업에 참여했던 여러 명의 예비교사들이 동아리 회장의 사회에 따라 해당 차시 실험 수업에 대한 평가, 수업의 수정 필요성과 수정 방법에 대한 논의, 개별적인 의견의 표현 등의 내용을 중심으로 자유롭게 이루어졌다. 2012년부터 2015년까지 이루어진 평가회 녹음 자료에서 두 예비교사가 발언한 부분을 수집하였다.

분석에 사용한 실험 수업 모둠은 3명의 예비교사와 4명의 학생들로 구성되었으며, 다음과 같은 주제로 실행이 이루어졌다.

#### ● 분별깔때기를 이용한 잎의 색소분리: 조작적 활동 중심

수업시작 전반에는 잎이 녹색을 띠는 이유에 대해 토론하여 모두의 가설을 설정한다. 이후 극성과 무극성의 다양한 용매를 이용하여 시금치 잎과 봄철 나뭇잎의 색소를 분리하는 조작적 활동 중심의 실험을 진행한다. 예비교사는 이 과정에서 학생들의 가설설정을 도우며 실험 진행과 원리 설명, 제시한 문제의 풀이 탐색 등 학생들과 상호작용을 통해 수업을 구성한다.

#### ● 광학현미경을 이용한 원생생물의 관찰: 관찰 활동 중심

실험 수업 초기 광학현미경의 기본 구조와 원리에 대해 현미경을 만져보며 학습하고 일상적 재료인 지폐를 현미경으로 관찰한다. 관찰 후 생물 분류 체계에 대해 논의하고, 꼬신벌레와 아메바, 유글레나와 해감 등

4가지 원생생물을 관찰한다. 이후 다시 한 번 생물분류 체계와 원생생물의 역할에 대해 학습자 스스로 정리하는 시간을 가진다. 예비교사는 논의의 진행을 도우며 현미경의 사용, 관찰의 확인 등 학생들과의 상호작용을 통해 수업에 참여한다.

### 3.2.2. 초임교사 수업실행 자료

정규교사로 임용된 첫 해는 전반적인 교직생활에 적응하는 시기이므로 실험 수업 관찰에 무리가 있다고 판단하였고, 이듬해 2년 차의 실험 수업을 3회 관찰하였다. 수업 녹화 시 한 대의 카메라로 교사가 선정한 모듈을 촬영하고, 다른 카메라로 교사를 추적하며 녹화하였다. 녹음기는 교사와 선정 모듈에 설치하여, 수업 이후 녹취한 자료를 전사 후 통합하였다.

실험 수업 종료 후 이루어진 심층면담은 연구자의 의도가 반영되지 않은 교사의 실험 수업에 대한 생각을 듣기 위해 비형식적으로 약 30분에서 1시간 정도 진행하였다. 해당 실험 수업에 대하여 교사의 생각을 자유롭게 이야기하였으며, 주로 학생들에 대한 이야기, 실험 수업에 대한 관점, 교수학습 방법이나 전략, 다른 수업의 예시, 어려움 등에 대한 내용이 주를 이루었다. 연구자가 수업관찰 중 포착한 내용이나 특정 행동의 의도 등에 대해 추가로 질문하였고, 면담 이후 녹음 자료를 전사하여 자료로 사용하였다.

#### 3.2.2.1. 초임교사 A의 실험 수업

일반 공립 중학교의 실험실에서 이루어진 과학수업을 관찰하였다. 한 학급은 남녀 25명으로 구성되어있었다. 생물전공 교사이지만 화학과 지구과학을 담당하였다. 수업내용은 교육과정에 포함된 화학과 지구과학

내용을 중심으로 구성되었다. 한 학기 27차시의 수업 중 7차시를 제외한 20차시 담당수업에서 실험이나 활동을 활용하였다. 수업은 45분 동안 진행되며, 실험소요 시간이나 개념에 따라 1~3개까지 실험활동을 진행하였다. 모든 수업은 실험실에서 이루어졌고 실험실은 교탁과 실험대, 시청각 기기가 설치된 정면을 향해 모듈원이 마주보며 앉을 수 있도록 설치된 6개의 실험대가 놓여있었다.

수업은 전시 학습 내용을 확인하는 것에서부터 시작하여 본시에 학습하게 될 새로운 개념의 소개로 이어졌으며, 본격적인 실험활동과 실험 결과의 정리 순으로 진행되었다. 진도상의 필요에 따라 쪽지시험이나 수행평가가 수업의 일부로 포함되기도 하였다.

실험 모듈은 4-5명으로 구성되었고 각 모듈의 실험대에는 수업시간에 진행될 실험 재료가 미리 준비되어 있었다, 학생들은 교사의 지시에 따라 실험재료를 활용한 실험활동을 수행하였다. 분석에 사용된 실험 수업은 다음과 같다.

● 세 가지 화학반응: 조작적 활동 중심, 변화 관찰을 포함

45분 동안 기체발생반응, 앙금생성반응, 강철 솜의 연소 실험 등 세 가지 확인 실험을 통해 질량보존의 법칙을 확인하였다. 염화나트륨과 질산은을 반응시키기 전, 후의 질량을 측정하고, 계란 껍질을 묶은 염산에 반응시켜 기체발생을 확인하여 질량을 측정한다. 마지막으로 강철솜을 양팔저울에 올려 연소한 후 질량을 측정한다. 하였다. 각 실험 당 시간은 5분씩 제공되었으며, 실험활동 전후로 교사의 설명과 정리활동이 포함되어 실험 당 10~15분 정도 소요되었다.

● 순물질과 혼합물: 분자모형 만들기 활동 중심

혼합물과 화합물의 특징을 살펴보며 화학식을 제시하고, 결합의 특성을 반영하는 모형을 다양한 색깔의 과자로 만드는 수업이다. 개인별 활

동으로 15분 동안 9가지 분자의 모형을 만들며 전체를 교사가 확인하여 활동 종료를 알린다. 실험활동을 하는 동안 교사는 전체 학생들의 실험 진행 상황을 확인하였다.

### 3.2.2.2. 초임교사 B의 실험 수업

남자 고등학교 과학중점반의 생명과학탐구실험 수업을 관찰하였으며, 해당 수업은 2시간 블록타임제 실험 수업으로 진행되었다. 수업 내용과 실험주제의 선택은 교사의 재량으로 자유롭게 이루어졌다. 한 학기 6~7개의 실험 수업을 수행하였다. 실험실은 교탁과 실험대, 시청각기기가 설치된 방향으로 책상이 정렬된 구역과 모듈별 실험활동을 실행이 가능하도록 실험대가 설치된 구역으로 구분되어 있다. 학습자들은 실험 수업에 앞서, 이전 차시에 교사의 강의 중심 수업을 통해 실험과 관련된 과학 개념들을 미리 학습하였다. 실험 수업은 수업의 도입부에 약 10분 내외로 실험 절차와 주의할 점이 공동으로 제시되고 2시간 동안 모듈별 실험 활동 위주로 진행하도록 구성되었다.

실험 모듈은 2-3명으로 구성된 두 조가 하나의 실험대를 공유하고 있어 전체적으로 학생 4-5명으로 구성된 5개의 모듈이 활동하는 것처럼 보였다. 각 실험대마다 현미경이 두 대씩 제공될 정도로 실험재료와 기구는 풍족하였다.

분석에 사용된 실험 수업은 다음과 같다.

● 식물세포의 원형질 분리 및 복귀와 삼투에 의한 적혈구 용혈현상 관찰: 관찰 활동 중심

광학현미경을 이용하는 실험으로, 혈액과 양과표피세포를 농도가 다른 설탕물과 소금물에 넣고 일정시간 이후 변화를 관찰하는 실험이다. 초기 10분을 제외한 100분 이상의 수업시간은 학생들의 실험활동으로 이루어졌다. 교사는 학생들의 실험수행 정도를 확인하며 직접 실험과정을 돕거

나 학생들의 질문에 응답하며 수업을 진행하였다.

#### ● 돌연변이 초파리 관찰키트 만들기: 조작과 관찰 중심

야생형 초파리와 6종류의 돌연변이 초파리로 관찰 키트를 만드는 실험이다. 아크릴 판에 초파리를 몰딩하고 루페로 특징을 관찰하여 초파리의 이름을 붙이는 활동이 이루어진다. 유전자와 돌연변이에 대한 이론적 내용은 수 주 전에 이루어졌으며, 초기 실험시간 10분 내외로 간단히 개념 확인이 이루어진 뒤 100분 동안 수업이 진행되었다. 교사는 실험과정을 확인하고 관련된 내용을 확인하는 질문을 던지는 등의 역할을 하였다.

### 3.3. 자료의 분석 및 해석

본 연구에서는 교사의 실험 수업 실행과 실험 수업에 대한 사고를 탐색하기 위해 학습자들은 실험 수업에 앞서, 이전 차시에 교사의 강의 중심 수업을 통해 실험과 관련된 과학 개념들을 미리 학습하였다. 분석은 세부적으로 다음과 같이 진행되었다.

#### 3.3.1. 실험 수업 담화 분석

두 교사의 실험 수업 실행을 상세히 살펴보기 위하여 상호작용의 길이(IRF chain)와 의사소통 방식(권위적/대화적 차원), 질문의 유형(전통적/탐구적)을 통해 담화를 분석하였다. 자세한 분석 방법은 다음과 같다

##### 3.3.1.1. 상호작용 길이 분석

언어적 상호작용은 크게 개시(Initiation), 반응(Response), 평가(Evaluation)로 이루어지는 IRE 유형과 개시(Initiation), 반응(Response),

피드백(Feedback)으로 이루어지는 IRF 유형으로 나누어 볼 수 있다. IRE 상호작용은 교사의 질문에 학생이 답변하고 교사가 옳고 그름을 평가하는 것으로, 교실에서 나타나는 특이한 담화 형태이다. 이와 달리 IRF 유형은 교사가 학생의 반응에 대해 적절한 피드백을 제공하여, 학생이 자신의 생각을 발전시킬 수 있도록 돕는 담화 형태이다. 교사의 피드백 이후 제기되는 질문에 대하여 더 자세히 피드백 해주는 상호작용의 경우 IRFRF- 형태로 나타날 수 있다(Mehanm 1979; Mortimer & Scott, 2000). 피드백은 확인과 평가와 함께, 자신이 설명 하도록 하는 추임새나 도움, 주제 변경 요구 등 즉각적 평가와 대답을 피하고 학생의 발화를 돕는 것을 포함한다. IRF 길이가 길어지는 경우 학습자의 생각을 심화시켜 탐구하게 하는 높은 수준의 상호작용이 일어날 수 있다(남정희 등, 2010). 따라서 본 연구에서는 교사의 피드백이 3회 이상으로 나타난 경우를 긴 상호작용으로 설정하여 분석하였다. 이러한 경우 ‘I-R-F-R-F-R-F’로 나타낼 수 있었으며, 상호작용 사슬의 길이는 7로 정량화 하여 이미지화 하였다. 본 연구에서 상호작용 사슬의 길이는 3부터 25까지 다양하게 나타났다.

상호작용 길이 분석은 담화에서 다루는 지식이나 활동의 내용이 달라지는 경우와 학생 대화 참여자가 변화되는 경우, 에피소드의 단위로 나누어 살펴보았다. 하나의 분석 단위에서 상호작용의 길이를 주체에 따라 개시, 반응, 피드백으로 분석하였다. 비상호적인 담화는 교사의 일방적인 수업 진행이나 다음 발화자의 반응이 없는 경우로 분석에서 제외하였다.

### 3.3.1.2. 상호적 수업 담화의 경향성과 질문의 분석

실험 수업에서 이루어지는 상호작용의 관점 수용 경향성과 질문 방식에 따라 담화를 분석하였다.

상호작용의 경향성은 교사와 학생의 담화 속에 허용되는 관점의 수에 따라 권위적(authoritative)차원과 대화적(dialogic)의 차원으로 나누어진 다(Mortimer & Scott, 2003).

권위적 상호작용은 주로 하나의 특정 관점인 학교 과학에 초점을 두고 다른 관점과의 상호작용이 없는 형태로 이루어진다. 교사는 학교 과학 관점을 전달하는 명확하고 권위적인 역할을 하는데, 학교과학 관점을 유지하기 위해 담화의 방향을 지시하거나, 학생의 생각에 옳고 그름을 평가하는 등의 형태로 나타난다. 대화적 상호작용은 학교 과학 관점 이외의 학생 생각 관점에도 열려있는 입장으로, 내용의 경계가 정해져 있지 않으며 담화의 방향이 변화할 수 있다. 교사는 드러나는 관점에 평가를 지양하고 중립적인 역할을 한다. 이 때 교사 개입은 학생의 지식 구성을 촉진하거나 사고에 대한 명확화 · 정교화를 요구, 학생의 이해 확인, 여러 관점의 비교 등을 예로 들 수 있다.

상호작용의 시작에서 질문은 중요한 역할을 한다. Chin(2007)은 과학 수업에서 교사와 학생의 질문에 초점을 맞춘 분석방법을 제시하였다. 질문의 유형은 학생이 무엇을 아는지 평가하는 목적의 전통적(traditional) 질문과 학생의 사고를 이끌어내고 정교화하며 지식을 구성하도록 돕는 탐구적(inquiry) 질문으로 나누어진다.

전통적 질문은 주로 교사로부터 시작되며, 교사는 질문을 통해 학생이 개념을 떠올리게 하거나 학생의 수행을 지시한다. 학생들의 반응은 몇 개의 단어로 짧게 나타난다. 피드백은 평가하는 칭찬이나 지적 등으로, 전통적 질문으로 시작된 상호작용에서는 교사가 제시하는 학교과학의 권위를 학생들이 수용한다. 반면 탐구적 질문은 학생의 사고를 이끌어내고 정교화하며, 지식을 구성하도록 돕는 성격을 가진다. 질문의 발화자는 교사나 학생 모두가 될 수 있으며 교사는 학생의 의견에 판단을 중지하고 수용하며 반응적으로 대처한다(van Zee, 1997). 학생들은 지식에 책임감을 가지게 되며 학생의 발화는 한 두 문장 단위로 길게 나타난다.

이를 바탕으로 상호작용 분석 틀을 마련하였다(표 6). 분석 틀은 담화에 드러나는 관점의 수를 바탕으로 권위적 담화와 대화적 담화로 나누었고, 질문과 교사 · 학생의 반응을 바탕으로 전통적 질문과 탐구적 질문으로 나누어 분석하였다.



또한 예비교사와 초임교사 시기의 상호작용 변화를 살펴보기 위해, 상호작용에 대한 분석은 시기와 수업 별로 정량화하여 그래프로 제시하였다. 그래프를 통해 시간에 따라 상호작용의 길이나 상호작용의 양상의 차이를 시각화하였다.

표 6. 상호작용 분석틀

분석	구조	내용	
IRF 길이	개시(I)	상호작용의 시작, 주로 교사의 발문에 의해 이루어짐, 학생의 질문도 포함	
	반응(R)	질문에 대한 학생/교사의 대응	
	피드백(F)	반응 이후 이루어지는 교사/학생의 답변, 반응에 대한 피드백	
	길이	하나의 에피소드에서 피드백 이후 반응과 피드백이 반복어 나타나는 경우 IRFRF-의 형태로 나타남. 에피소드 내 담화 구조의 구성 요소의 개수를 측정	
기준		권위적 담화	대화적 담화
상호 작용 유형	드러나는 관점 (수)	학교 과학의 관점 (하나)	학교 과학 관점 외 다양한 관점 포함 (둘 이상)
시작 질문	유형	전통적 질문	탐구적 질문
	질문 유형	답이 명확한 질문 제시 떠올리기 요청 지시 요구	지식 구성 요청, 재질문 명확화, 정교화 요구 학생의 이해 확인 및 설명 요청
	교사의 대처	옳고 그름을 평가 칭찬과 지적 정답 제시	열린 마음, 학생 의견을 수용·판단 중지,
	학생의 반응	짧은 대답	긴 대답 지식에 대한 학생의 책무 증가

### 3.3.2. 실험 수업에 대한 개념 생태 분석

개념 생태 요소는 연구자마다 다양하게 제시하고 있지만, 각 요소가 환경과 상호작용하며 개념의 지위를 변화시키는 데 영향을 준다는 것은 공통적인 의견이다(Park, 2006). 예비교사와 초임교사의 실험 수업에 대

한 개념 생태 분석을 통해 각 시기에서 교사가 실험 수업에 고려하는 요소와 실행의 연관성을 살피고자 하였다.

먼저 실험 수업 개념 생태를 분석하기 위한 틀을 확립하였다. 사전 연구에서 나타난 개념 생태 요소들(Southerland et al., 2006; 양일호 등, 2012; 강두호와 남상준, 2014)과 더불어(표 3, p.20), 표 2(p.16)에서 제시한 실험 수업에서 교사가 고려하는 요소들을 추가하여 기본 틀을 구성하였다. 기본 틀에는 과학을 보는 관점, 과학교육에 대한 사고, 학습자에 대한 신념, 교수 성향, 관련 개념, 과학에 대한 관심, 과거 경험, 자아효능감, 학교 체제, 기타요인의 10개 요소를 포함되었고 이를 토대로 수집한 자료를 1차로 분석하였다.

1차 분석을 바탕으로 자료에 드러나지 않은 요소는 제거하고, 비슷한 요소들은 유목화, 새로이 나타난 요소는 추가하는 등 실험 수업 개념 생태 분석틀을 수정, 보완하였다. 1차 분석 자료를 바탕으로 개념 생태 연구 경험이 있는 연구자를 포함한 과학교육연구자 2인과 과학교육 박사과정 1인이 개념 생태 요소와 자료에 대한 논의를 하는 등 분석틀 확립 과정에 참여하여 타당도를 검토하였다. 완성된 실험 수업 개념 생태 분석을 위한 최종 분석틀은 과학 실험 수업에 대한 사고, 학습자에 대한 사고, 교육과정 및 내용에 대한 사고, 교수 성향, 자아효능감, 사회제도적 측면, 인식론적 확신근거의 9개 요소로 구성되었다. 다음은 각 요소에 대한 설명이다.

- 과학 실험 수업에 대한 사고는 교사의 과학 실험에 대한 생각을 의미하며, 교육적 차원에서 과학 실험 수업의 역할을 포함한다. 이는 지식 구성, 지식 습득, 조작 경험, 과학적 소양, 흥미 등의 하위요소로 구성되어 있다.
- 학습자에 대한 사고는 학생의 능력에 대한 교사의 생각을 의미한다. 구체적으로 학생의 학습 능력과 실험 수행 능력으로 나누어 볼 수 있다.
- 교육과정 및 내용에 대한 사고는 실험 수업에서 포함하는 과학 지식

과 실험 활동 선택의 기준이다. 현행 교육과정과 예비교사 시기에 공동으로 제작한 실험 수업 자료집인 ‘멘토의 역할’을 하위유형으로 선정할 수 있었다.

- 교수 성향은 교사가 선호하는 교수학습 방법, 수업 운영방식, 수업에서 강조하는 점 등 교사의 교수 성향을 의미한다. 교수 성향은 교사 주도적인 수업운영 방식과 학생 중심적인 수업 운영방식으로 나누어 살펴볼 수 있었다. 교사 중심의 성향은 교사가 실험의 순서와 절차를 제시하고 정해진 방향으로 수업을 이끌어 가려는 성향을 의미하고, 학생 중심 교수 성향은 학생들 스스로 방법을 설정하거나 과정을 수정하는 것을 의미한다.
- 자아효능감은 자신의 능력에 대해 자신감을 가지는 것으로, 과학이나 실험 수업에 대해 느끼는 교사의 감정이나 자신감 등 정서적인 부분을 포함한다. 분석 결과 자아효능감은 과학 지식과 실험 수업 수행에 대하여 즐거움 또는 자신감을 가지거나, 어려워하거나 부족함을 느끼는 하위요소들이 나타났다.
- 과거 경험은 교사가 과학 실험 수업을 접한 경험을 의미하며, 이는 교사의 현재의 실험 수업에 영향을 미친다. 초·중등 교육 기관에서 경험, 예비교사 양성기관인 사범대학에서의 경험, 교육실습생으로서 중등학교를 마주한 경험이 포함된다.
- 사회 · 제도적 측면은 교사와 교실 밖의 외부적 측면을 말한다. 실험 수업에 대한 학교의 지원, 교사의 교과목 담당, 과학중점학교 등 개별 학교의 차원 뿐 아니라, 상급학교로 진학과 그 방법 등 사회적 차원까지 포함한다.
- 인식론적 확신근거는 교사에게 일관적으로 드러나는 요소이다. 개념 생태의 구성요소로 존재하지만 교사의 전반적인 사고와 실행에서 포괄적으로 드러나므로, 연구자의 해석이 포함된다(Beeth, 1993). 인식론적 확신근거는 개인의 철학적 사고로, 자신의 지식이 옳다는 신념을 정당화하는 수단이다. 확신의 근거로 작용하는 대상을 찾기보다,

개인의 개념 생태 내에서 확신 근거가 어느 정도로 확립되어 있는지 여부가 중요하다(Park, 1995). 이는 개념의 내적 일관성과 일반화와 관련이 있기 때문이다. 일관성은 다른 개념들과의 연관성을 보여주는 것으로 안정적인 개념 생태를 보여준다(이선경, 2015).

표 7은 최종적으로 구성된 실험 수업에 대한 개념 생태 분석들에 대한 설명을 요약한 것이다.

표 7. 교사의 실험 수업 개념 생태 분석 틀

구성요소	하위요소	내용
과학 실험 수업에 대한 사고	지식구성	● 과학은 학생들이 실험과 활동을 토대로 의미를 구성해 나가는 과정
	지식습득	● 과학은 이미 확립된 지식을 수업을 통해 습득하는 과정
	조작경험	● 실험 수업은 도구를 만지거나 활동을 수행하는 경험을 쌓는 과정
	과학적 소양	● 학생들이 일상생활에서 과학지식을 활용하고, 과학적 사고를 통해 문제를 인식하고 결론내리는 데 도움을 줌
학습자에 대한 사고	흥미	● 학생들의 학습 동기를 이끄는 호기심, 즐거움, 신기함 등을 포함
	학습능력	● 학생들이 학습을 하는데 충분한 능력이 있거나 어려워 한다는 생각
교육과정 과 내용에 대한 사고	실험수행 능력	● 학생들은 실험 수행에 있어 충분한 능력이 있거나 어려워 한다는 생각
	'멘토의 역할'	● 예비교사 실험 수업에서 활용하는 참고자료로 수업지도안과 같은 역할을 함
교수 성향	교육과정	● 실험 수업에서 적용하고 있는 2015과학과 개정교육과정
	학생중심	● 학생 스스로 해보거나 생각해보도록 독려하는 교수 방법
자아효능 감	교사중심	● 교사가 일련의 절차를 구조화 하여 제시하는 교수 방법
	과학지식	● 자신이 가지고 있는 과학 지식에 대한 자신감
과거 경험	실험 수업 교수	● 자신이 수행하는 실험 수업에 대한 만족감이나 감정
	초·중등	● 초·중등 교육기관에서 학습자로서 과학 실험 수업을 접한 경험
	사범대학	● 교원양성기관에서 가르치는 사람으로서 배워야 할 과학

		실험 수업을 접한 경험
사회·제도 적 측면	교육실습	● 교육실습생으로 중등학교에서 현장 교육을 받으며 접한 경험
	학교지원 제도	● 개별 학교에서 교사의 실험에 대해 지원하는 정도 ● 수업 과목, 수업 시간, 수업 시수의 조절(블록 타임) 등 국가적 차원의 제도
	진학	● 상급학교로의 진학
	지역특성	● 학교가 위치하는 지역사회의 특징
인식론적 확신근거	일관성	● 교사의 생각, 실행에서 일관되게 드러나는 과학과 교수에 대한 철학

확립된 실험 수업 개념 생태 분석 틀로 수집된 자료를 다시 분석하였다. 분석은 Thorley(1991)의 3성분 분석법(Three Strand Analysis)을 토대로 이루어졌다. 3성분 분석법은 ‘개념 생태 요소’ - ‘하위 요소’ - ‘해당되는 면담 발췌문’의 세 가지 성분을 대응시키는 법이다. 수집한 자료를 개념 생태 분석틀에 따라 3성분 분석법으로 분석하였다. 표 8은 분석예시를 보여준다.

표 8. 3성분 분석 방법 예시

개념 요소	생태 하위 요소	면담 발췌문	비고
학 습 자 에 대한 사고	학생의 학 습 능력	고1 입장에서는 (과학 개념 이해가) 좀 힘들었을 것 같은데... 알고는 간 것 같 아요	학습을 어려 워하는 학생 들
교수 성향	학생 중심	근데 이게 쉽다면 쉽고, 어렵다면 어렵 지 않아요? 애들한테 안 익숙한 재료고 뭐가 뭔지도 구분도 못하는데 차이점까 지 찾으라 하면. 그래서 더 여유롭게 시 간을 준거예요.	학생 자율성 부여

개인별 분석에는 다음 절차가 반복적으로 이루어졌다. 먼저 각 연구 참여자의 시기별로 평가회와 면담 자료를 3요소 분석법에 따라 개념 생태 요소와 하위요소 설명을 구성하였다. 구성된 설명이 적절한지 살펴보기 위하여 다시 자료로 돌아가 부정적인 사례가 있는지를 확인하였다.

설명이 일치하지 않을 경우에는 설명을 수정하고 다시 분석하였다. 이러한 과정을 통해 연구 참여자의 시기별 실험 수업을 구성하는 개념 생태 요소와 하위요소에 대한 분석이 이루어졌다.

또한 교사의 실험 수업에 대한 개념 생태 요소와 요소들 간의 연관성을 이미지화하였다. 각 요소와 하위요소 중 교사의 발화에 드러나는 요소들을 그림에 적절히 배치하고 실험 수업에 대한 교사의 발언에서 개념 생태 요소가 함께 언급 되는 경우에는 각 요소들 사이의 선으로 표현하였다.

본 연구에서는 자료 분석의 타당도를 확보하기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다 (Lincoln & Guba, 1985, 1990; 김영천, 2012).

첫째, 참여자의 실험 수업 실행을 긴 시간 동안 관찰하고, 다양한 자료를 수집하였다. 장기간 다양하고 일관적 자료를 수집하는 것은 지속적 비교 분석을 가능하게 하여 분석의 타당도를 높이는 방법이다. 연구자는 2012년부터 연구 참여자의 실험 수업을 참여하여 관찰하였고 평가회에 참여하였으며 관련 자료를 수집하였다.

둘째, 다양한 자료를 삼각측정법을 기반으로 분석하였다. 다양한 자료에서 둘 이상의 방법이나 관점으로 분석하는 것은 분석 대상에 대한 명확한 이해를 돕는다(Mathison, 1988). 본 연구에서는 실험 수업 상호작용을 상호작용의 길이와 양상, 질문의 양상과 유형등 다양한 관점에서 분석하였다. 또한 상호작용 분석 틀 확립 과정에는 과학교육 전문가 1인과 과학교육 박사과정 2인, 석사과정 1인이 참여하였다. 실험 수업에 대한 개념 생태는 여러 선행연구들을 통해 요소를 추출하였고 지속적 비교 분석을 통해 공통적인 결과를 도출해내기 위해 노력하였다. 또한 다양한 자료를 활용하여 분석의 타당도를 높이하고자 하였다. 개념 생태 분석 틀 확립과정에는 개념 생태에 전문성을 가진 과학교육 전문가 1인과 과학교육전문가 1인, 박사과정 1인이 참여하여 1차로 분석한 자료를 바탕으로 각 요소와 하위요소에 대한 분류와 명명과정을 통해 분석틀을 확립하였

다.

마지막으로, 동료 검증 및 연구 참여자 검증 과정을 거쳤다. 동료 검증은 실험교육 동아리와 관련된 연구를 함께 진행하였던 과학교육 전문가 1인이 분석의 요소와 내용이 일치하는지 확인하였다. 과학교육 전문가는 연구 참여자와 해당 동아리에 대한 이해가 충분한 상태로, 자료 및 결과에 대해서 논의하고, 상호작용과 개념 생태 분석에 대한 검증 과정을 확인하였다. 연구 참여자 검증은 연구 참여자들의 이야기를 분석하고, 재구성하는 과정에서 연구자가 그들의 생각을 명확히 이해하고 있는지를 확인하기 위해서 진행되었다.

## 4. 연구의 맥락: 예비교사-학생의 실험 수업 상호작용

본 장에서는 예비교사 시기 실험 수업에서 나타난 예비교사와 학생의 상호작용 특징에 대해 살펴보았다. 수집된 자료 중 2012년의 자료를 바탕으로 실험수업과 실험수업에서 나타나는 언어적 상호작용을 분석하였다. 먼저 실험교육 동아리의 구성과 활동에 대해 알아보고, 다음으로 실제 예비교사들의 실험 수업에서 나타나는 상호작용의 특징에 대해 탐색하였다.

### 4.1. 예비교사의 실험 수업 실행

예비교사의 실험 수업 실행은 실험교육 동아리 활동의 일환으로 이루어졌다. 예비교사들이 참여하는 실험교육 동아리는 2010년부터 고등학생을 대상으로 매 해 10회 가량의 실험 수업을 운영하였다. 동아리에 참여하는 예비교사 전체 인원은 30~40명으로, 이 중 일부가 실험 수업에 참여한다.

매년 초, 각 수업마다 4명의 예비교사로 수업의 준비 조가 구성되며 그 중 한 명이 담당하는 실험 수업의 전체 강의를 진행한다. 진행자를 제외한 준비 조원과 그에 속하지 않았던 예비교사들은 모둠활동에 고등학생들과 함께 참여한다. ‘멘토의 역할’은 전체 예비교사들에게 실험 수업 내용과 진행 과정에서 할 일을 설명하는 자료집으로, 실험 수업 진행에 대한 이해를 돕기 위해 제공되었다. 전체 4개의 모둠은 각각 3~4명의 학생과 1~3명의 예비교사로 이루어지며, 구성원들은 모둠 안에서 협력적으로 활동을 진행한다.

실험 수업은 2.5~3시간 동안 진행되었다. 전체 학생을 대상으로 수업진행자는 수업목표, 관련 개념을 강의식으로 0.5~1시간 진행하고 토론과 실



험을 포함하는 모듈별 활동이 약 2시간 진행되었다. 실험 수업 주제는 고등학교 교육과정을 고려하지만 이외의 실험을 활용하기도 한다. 예비교사들은 주로 학교에서 해보지 못하는 실험들을 선택하여 고등학생 수준에서 재구성하여 실행하였다.

실험 수업 직후 수업 평가회를 진행하였다. 실험 수업에 참여했던 예비교사를 중심으로 실험에 대한 반성적 평가가 공동으로 이루어졌으며, 연구진은 평가회를 관찰하거나 때때로 직접 참여하기도 하였다. 평가회에서는 수업의 장점과 보완점, 그 방법과 더불어 학생과 수업에 대한 이해가 함께 이야기되고 논의되었다. 이 과정에 참여하는 양상과 방법은 계속적으로 변화하였다(심현표 등, 2015). 예비교사의 실험 수업에 대한 요약은 그림 1과 같다.

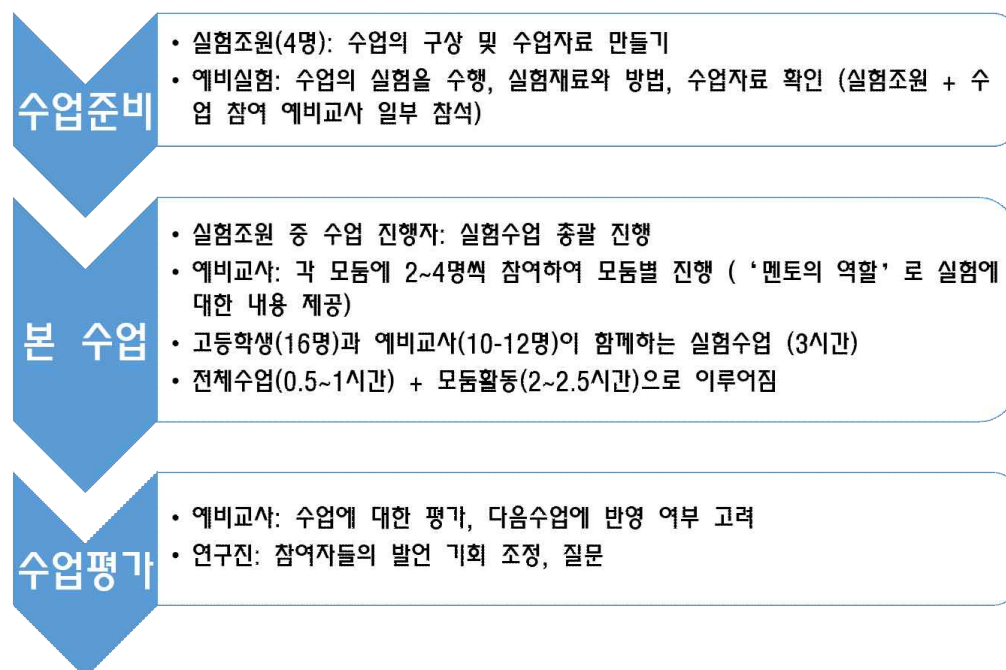


그림 1 예비교사의 실험 수업 진행 과정

## 4.2. 예비교사-학생의 실험 수업 상호작용의 특징<sup>1)</sup>

유금복 등(2014)은 두 가지 실험 수업을 토대로 상호작용 분석틀을 개발하고 실험 수업에서 나타나는 예비교사와 학생의 상호작용을 상세하게 관찰하여 분석하였다. 모듈별 녹음 및 녹화, 현장노트, 수업자료 및 활동 자료를 수집하였다. 시기별로 유정란을 관찰하는 실험 수업과 크로마토그래피를 통해 잎의 색소를 분리하는 실험 수업에서 각 2개의 모듈을 관찰하여 예비교사의 상호작용 경향성을 발견하였다. 예비교사들의 실험 수업은 과학 개념에 대해 학습하고 토론하는 시간과 실제 실험을 수행하는 시간으로 나누어 볼 수 있었으며, 이를 이론 국면과 실험 국면으로 분리하여 상호작용의 특징을 제시하였다.

실험 수업의 두 가지 국면은 상호작용의 길이와 경향에서 확연한 차이점을 나타냈다. 토론 국면에서 예비교사들은 실험과 관련된 과학 지식을 추론하게 하거나, 학생 생각을 다양하게 탐색하는 탐구적 경향성의 질문들을 다수 제시하였다. 토론 국면에서는 길고 짧은 상호작용의 길이들이 복합적으로 나타났다. 반면 실험 국면에서는 상호작용의 길이가 대부분 짧게 나타났다. 실험 국면에서는 실험 진행과 관련된 실험 방법을 중심으로 예비교사가 지시하고 단계를 확인하는 전통적 질문들로 상호작용이 이루어졌다.

평가회에서는 학생들의 생각을 드러내고, 학생 중심으로 실험 수업이 이루어졌는지 반성하는 ‘탐구적인 실험 수업’에 대한 논의들이 이루어졌다. 예비교사들은 학생들이 참여할 수 있는 방법을 모색하거나 생각해 볼 수 있는 기회를 제공하는 등, 실험 수업에 ‘탐구적인 요소’를 포함하기 위하여 노력하였다. 이러한 요소는 활동지나 “멘토의 역할”에 명시적

---

1) 연구의 맥락에서 제시하는 예비교사-학생의 상호작용 특징은 유금복 등(2014). 소집단 실험 수업에서 나타난 예비교사-고등학생 상호작용의 특징이라는 제목으로 생물교육 42(2), pp143-159에 게재한 논문의 일부를 수정하여 제시한 것임.

으로 실험 수업의 토론 국면을 중심으로 도입되었고, 그 결과 실험 국면과 토론 국면에서 상호작용 차이를 가져오는 것으로 나타났다. 예비교사의 실험 수업은 국면에 따라 서로 다른 목적과 실행을 보였다.

계획된 실험 수업 과정에서 이루어지는 상호작용은 복합적인 경향성이 나타났지만 학생의 질문이나 계획되지 않은 상황에서 예비교사의 상호작용은 권위적 경향성을 보이며 길이가 짧게 이루어졌다. 이러한 결과는 실험 수업 계획과 실행, 평가의 전 과정에서 예비교사들은 탐구활동을 중요하게 여기며 학생 중심적 실행을 위해 계획하고 준비하였으며 이는 상호작용의 경향에 영향을 주는 것으로 해석되었다.

실험 수업은 학생들에게 지식 구성의 기회를 제공하며 과학을 행하는 방법에 대해 실제적인 경험을 제공하므로, 실험 수업에서 탐구적인 상호작용은 과학교육 목표 달성을 위해 중요하다. 앞서 제시한 결과들을 통해 유금복 등(2014)은 예비교사들이 실험 수업에 대하여 실험 절차 실행에 치중하기보다 증거기반의 사고를 촉진할 수 있는 기회로 인식하게 하는 것이 필요함을 주장하였다. 또한 이론 국면과 실험 국면을 함께 포함하는 전체 과정에서 탐구적인 실험 수업이 이루어지기 위해서는 예비교사들에게 ‘상호작용에 대한 준비’가 이루어져야 함을 주장하였다.

## 5. 연구 결과

연구 결과에서는 두 참여자가 예비교사 2년차에 수행한 자료를 제시하였다. 교사 A와 교사 B가 예비교사 2년차에 공동으로 참여하여 구성했던 실험 수업에 나타난 상호작용의 길이와 경향성은, 앞서 ‘연구의 맥락’에서 제시한 예비교사 1년차에 실행했던 결과와 유사하게 나타났다. 본 결과에서 분석에 사용한 자료는 ‘연구의 맥락’에서 제시한 다음 해에 이루어진 실험 수업으로, 소모둠 구성원과 실험 주제, 실험 활동에 차이가 있었다. 그러나 실험 수업 국면의 분리, 국면 별로 나타나는 상호작용의 유형과 내용은 ‘연구 맥락’에서 제시한 결과와 유사한 결과를 볼 수 있었다.

따라서 본 장에서는 개별 연구 참여자의 실험 수업 사례를 구분하여 제시하였다. 연구 참여자별로 예비교사와 초임교사 시기에 실행한 실험 수업 사례를 상호작용과 개념 생태의 변화에 대해 분석하였다. 상호작용은 길이와 경향성, 질문의 양상에 대해 분석하였고, 개념 생태는 요소와 관계를 중심으로 기술하여 제시하였다.

### 5.1. 교사 A의 실험 수업 사례

교사 A는 예비교사 시기 실험 수업과 평가회에 높은 참여율을 보였지만 적극적으로 나서서 담화를 구성하지는 않았다. 중학교 과학교사로 교직에 입문하면서 대학에서 전공과목이었던 생명과학 대신 화학과 지구과학을 담당하여 가르치게 되었다. 교사 A는 실험실에서 수업하기를 선호하여 담당 과학수업의 대부분은 실험실에서 이루어졌다. 본 절에서는 교사 A의 담화분석을 통해 드러난 실험 수업 실행의 변화를 교수학습에 나타난 상호적인 주도성, 실험 수업 국면의 심화된 분리, 학생의 시작 질문 증가 등 세 가지 특징을 중심으로 기술하였다. 또한 예비교사와 초임

교사 시기 별 개념 생태를 제시하였다.

### 5.1.1. 교사 A의 실험 수업 상호작용의 변화

#### 상호적, 주도적 수업진행

교사 A의 시기 별 실험 수업에서 보였던 차이 중 하나는 예비교사 A의 수업진행에서 자주 등장하던 비상호적 담화가 초임 시기에서는 수업진행 시 거의 나타나지 않았던 점이다.

예비교사 A는 실험 수업을 진행하면서 질문을 제시하는 빈도가 높았지만, 질문에 대한 학생들의 응답은 나타나지 않았다. 예비교사 A는 학생이 대답하기를 기다리거나 요청하지 않고, 빠른 속도로 관련 내용을 제시하고 다음 활동을 안내하였다. 이러한 담화는 교사의 발화만 존재하는 비상호적 담화로, 분석에서 제외하였다. 예비교사 A의 담화 분석에서는 상호적 담화 수는 B에 비하여 적게 나타났다. [에피소드 1]은 예비교사 A의 수업진행에서 나타난 담화로, 현미경의 종류에 대해 설명하고 이어지는 활동에서 학생들이 해야 할 일에 대해 제시하고 있다. 많은 내용을 설명하며 질문을 제시하지만, 빠른 속도로 다음 발화가 이어져 학생들의 언어적 반응은 거의 드러나지 않았다.

[에피소드 1] 예비교사 A의 비상호적 수업 진행

- 1 현미경에는 광학현미경도 있지만 실체현미경이랑 전자현미경도 있어요.
- 2 근데 앞에 광학현미경이랑 실체현미경은 가시광선을 사용해서 관찰을 하고, 전자현미경은 가시광선으로 못 보는 더 작은 물체를 관찰하는 데 전자파를 사용하는 현미경이에요.
- 3 그리고 광학현미경은 관찰하고자 하는 물체를 프레파라트로 만들어서 만들어 봤죠? 근데 프레파라트로 만들어서 관찰하는 현미경이고. 실체현미경은 그 관찰할 물체를

바로 그냥 놔두고 안에 관찰하는 거라서 입체적으로 볼 수 있는 현미경이에요.

- 4 근데 광학현미경의 구조는 전에 DNA의 관찰 할 때 다 배웠잖아요? 이번에는 이러한 구조들을 10분 동안 앞에 현미경이 다 있잖아요?
- 5 구조가 어디에 있는지 그 다음에 기능이 뭔지를 각자 생각해보고 10분 후에 퀴즈로 맞추는 걸 할 거예요. 그러니까 사진이 나오고 ‘이게 뭘까?’ 이렇게 하면, ‘이건 뭐고 기능은 무엇입니다’ 이렇게 완벽할 수 있도록 10분 동안 잠시 생각해 보세요. 앞으로 10분을 켜 주세요.

### 2013. 원생생물의 관찰

이와 달리 초임교사 A는 새로운 개념을 설명하거나 지난 학습내용을 복습할 때, 학생들의 생각을 확인하는 질문을 제시하고 답변을 요구하며 상호적으로 담화를 구성하였다. 이어지는 학생의 답변에 따라 교사의 반응은 다시 설명하거나 새로운 질문을 제시하는 등 학생 반응을 참고한 수업이 이루어졌다. 따라서 예비교사 시기에 비해 상호적인 담화의 양이 크게 증가하였다. [에피소드 2]는 실험 수업 이론 국면에서 초임교사 A의 수업진행 모습으로, 교사가 연속적으로 질문을 제시하고 학생의 반응을 기다리거나 답변을 유도하고 있는 것을 확인할 수 있다(에피소드 2의 1행, 3행, 5행, 7행, 9행). 또한 학생들이 개념을 정확하게 알지 못할 경우에는 추가적 질문을 제시하는 모습도 드러났다(에피소드 2의 4~6행).

#### [에피소드 2] 초임교사 A의 상호적 수업 진행

- 1 교사 A: 애를 가열 하면 어떻게 돼?
- 2 학생들: 화합물
- 3 교사 A: 어. 화합물이 되어요. 연결이 되었죠? 봐봐. 원자들이 결합을 해서 황화 철이라는 새로운 물질이 되어요. 그리고 황 따로 철 따로 있으면 혼합물이라고 했어. 근데 황화 철 (두 손을 맞잡으며) 황화철-황화철-황화철 있으면 순수해 안순수해?
- 4 학생들: 순수해요/안순수해요
- 5 교사 A: 황이랑 철이랑 결합해서 황화 철 세트야 하나야 하나. 순수해 안순수해?
- 6 학생들: 순수해요!
- 7 교사 A: 이런 게 무슨 물질?
- 8 학생들: 순물질

9 교사 A: 순물질. 그러면 화합물도 무슨 물질?

10 학생들: 순물질

11 교사 A: 이것을 기억해야 해.

2018. 4. 분자모형 만들기 A#34

또한 교사 A는 예비교사 시기에 학생들과의 상호적 담화 구성에서도 적극적으로 나서지 않았다. 다른 예비교사들이 학생들과 담화를 구성할 때, 자세히 지켜보다가 어려운 용어가 나오거나 학생들이 이해하지 못하는 상황에서 언어적 상호작용에 참여하는 모습을 발견할 수 있었다. 이때 예비교사 A는 쉬운 용어로 설명하거나 다른 예를 제시하는 등, 과학 용어를 일상의 언어로 변환하여 제시하는 모습을 보였다.

[에피소드 3]은 어려운 용어들이 등장하는 실험 국면의 예이다. 예비교사 A는 다른 교사의 설명 뒤에 추가적인 발언을 제공하였다(에피소드 3, 밑줄). ‘극성 정도의 차이로 분리(에피소드 3, 1행)’ → ‘극성이 더 차이 나게(에피소드 3, 2행)’나 ‘극성 정도에 변화(에피소드 3, 7행)’ → ‘변화를 주면 더 극성이 커짐(에피소드 3, 8행)’ 등 학생들이 이해하기 쉬운 형태로 설명을 즉시 제시하였다.

#### [에피소드 3] 예비교사 A의 비주도적 상호작용: 쉬운 용어의 제시

- 1 예비교사C: 애네도 극성인지 정도의 차이로 분리를 해야겠지? 그러면 근데 지금 계속 보면 메탄올의 극성이랑 또 이게 있잖아. 우리 생각에 B가 둘 다 극성이잖아. 그러면 어떻게 해? (침묵) 11번에 보면 염색소를 카르틴으로 분리하는 과정을. 뭐야 이게? 그지? 염색소 분자로 해서 뭘 얻는 거이다. 어려운 용어가 막 나와 있지? (학생들: 네) 이걸 너희가 어려운 용어를 알 필요까진 없어. 그냥 뭐라고 이해하면 되나면 어떤 물질을 우리가 넣을 거야, 여기다가. 넣어서 무슨 소수성기를 빼면 돼.
- 2 예비교사 A: 좀 변화 시켜서 염색소를, 더 극성이 차이 나게.
- 3 예비교사C: 키토기를 떼어 내서 뭘 만들까? 보다 더 극성 물질을 만들어 내지? 그럼 이 안에 염색소B랑 뭘가 들어있어?
- 4 학생들: 크산토피
- 5 예비교사C: 근데 11번을 보면 뭘로부터 염색소를 떼는 거지?

- 6 학생들: 카르티노이드?
- 7 예비교사C: 뭐에서 소수성 극성기를 떼다고 되어 있어? 그럼 염록소를 떼 냈으면 염록소가 어딴 거야? 모르겠어? (학생들: 네) 여기에 염록소B랑 크산토폴이 모여 있다고 했잖아. 그러면 두 물질이 극성 차이가 있어야 확실히 분리가 되겠지? 그래서 우리가 극성정도에 변화를 주는 거야.
- 8 예비교사 A: 둘 중에 하나를 변화를 주면 극성이 더 커지겠지?
- 9 예비교사C: 그래서 알칼리를 넣어서 하는데 그 중에 하나가 극성을 갖고. 근데 뭐의 극성을 바꾼다고 써 있어, 여기? 그치? 염록소B. 그지? 이것을 빼내서 더 극성으로 만든다고 하지. 이제 그 작업을 할 거야. 뭘 넣어야겠어?
- 10 학생들: 알칼리

#### 2013.4. 앞의 색소분리 A#28

교사 A는 초임교사 실험 수업에서 학생들의 반응을 요구하거나 기다리는 등 예비교사 시기에 비해 상호적인 담화가 증가하였다. 그림 2는 실험수업 국면에 따른 언어적 상호작용을 나타낸 것이다. 가로 축은 시간의 흐름에 따른 수업 국면을, 세로 축은 상호작용의 길이를 나타낸다. 막대는 실험수업에서 나타난 교사와 학생의 언어적 상호작용을 의미한다.

예비교사 시기 실험 수업은 2-3시간동안 이루어졌지만 예비교사 A의 상호작용적 담화는 각각의 수업에서 20회 정도(색소분리 28회, 원생생물 관찰 15회)로 학생들과의 언어적 상호작용이 많이 일어나지 않았다. 예비교사 A는 실험 수업 시간 내내 학생들의 곁에서 활동을 살피고 필요한 재료를 챙겨주는 등 비언어적인 상호작용을 제시하는 상황이 종종 발견되었다. 초임교사 시기의 교사 A는 실험 수업 전반에서 학생들과 상호작용하며 주도적으로 수업분위기를 이끌었다. 45분의 짧은 중학교 수업에서 60회 이상(화학반응 64회, 분자 구조 66회) 상호적 담화를 제시하는 등 교사 A와 학생들의 언어적 상호작용이 매우 빈번하게 일어났고, 특히 실험 수업에서 교사의 발화를 포함하는 비언어적 상호작용은 거의 나타나지 않았다. 이처럼 예비교사 시기와 초임교사 시기에 나타난 교사 A의 학생과의 상호작용 수는 서로 큰 차이를 보였다.





## 실험 수업 국면의 분리 심화: 실험 수업의 구조화

예비교사 시기 실험 수업은 이론 국면과 실험 국면으로 나누어져 수행해야 할 활동들이 주어졌다. 수업 진행자는 각 활동의 시간을 제시하였고, 예비교사 A는 주어진 시간동안 제시된 활동에 집중하여 실험 수업을 충실히 실행하였다. 활동 후 시간이 남는 경우에도 제시된 활동 이외에 다른 활동은 거의 하지 않았다. 상호작용 대부분은 권위적으로, 질문은 전통적으로 이루어졌다(p. 56, 그림 3). 상호작용의 길이가 길게 나타나는 경우는 수업 모듬에 속한 다른 예비교사들과 함께 설명을 구성할 때였으며, 예비교사 A가 단독으로 학생들과 상호작용을 하는 경우는 상호작용의 길이가 짧게 나타났다(p. 54, 그림 2).

[에피소드 4]는 예비교사 A의 상호작용의 대표적인 형태로 권위적이고 전통적인 경향을 보여준다. 실험 국면에서 관련된 과학 지식을 확인하는 상황이다. 예비교사 A는 시금치 잎을 용매에 넣고 뺀 실험과정 중에 학생들에게 과학 지식(엽록체)과 관련된 질문을 제시하였다(에피소드 4, 1행). 그러나 학생은 막자사발에서 눈을 떼지 않고 예비교사의 질문에 대해 깊은 생각 없이 응답하였고(에피소드 4, 2행), 예비교사 A 또한 즉각적으로 엽록체에 대한 설명을 이어 나갔다(에피소드 4, 3행).

### [에피소드 4] 예비교사 A의 실험 국면 상호작용: 과학 개념의 확인

- 1        예비교사 A: 엽록체가 뭐였지?
- 2        학생들: 몰라요
- 3        예비교사 A: 색소가 엽록소고 엽록체 안에 들어있어. 이 엽록체에서 광합성을 해서 에너지를 만드는 거야. (이하 생략)

2013. 4. 색소분리 A#20

이론 국면에서 다른 예비교사들과 학생들과 함께 대화적 담화를 구성하는 경우도 발견되었다. 이러한 상황에서 예비교사 A는 비주도적으로 담화에 참여하였다.

교사 A가 교직에 입문한 후에도 실험 수업은 이론 국면과 실험 국면으로 정확하게 나누어져 진행되었다. 이론 국면에서 교사는 학생들에게 새로운 과학 개념이나 실험 방법 및 주의사항에 대해 설명하고, 질문에 대한 학생들의 답변을 통해 그들의 인지 정도를 확인한다. 대개 실험 국면에서는 실험 절차와 실험 결과 확인에 대한 교사와 학생 사이의 상호적 담화가 이루어진다. 그러나 초임교사 A는 모든 국면에서 학교 과학에서 제시하는 내용과 방법을 중심으로 수업을 진행하였고 학생들의 의견을 묻거나 대안적 방법을 모색하지 않았다. 학생들 역시 다른 의견이나 관점을 제시하지 않아 초임교사 A의 실험 수업은 권위적이고 전통적으로 이루어졌다(그림 3).



그림 3. 교사 A의 언어적 상호작용의 경향

[에피소드 5]는 실험 수업 실험 국면에서 나타난 초임교사 A와 학생 간 상호작용 양상을 보여준다. 실험 결과를 확인하지 못하여 도움을 요청하는 학생의 질문에 (에피소드 5, 1행) 교사 A는 즉각적으로 결과를 확인할 수 있는 방법을 제시하였다(에피소드 5, 2행). 학생이 결과를 관찰한 것을 확인하자(에피소드 5, 3~4행), 교사 A는 곧 다른 조로 이동하여 결과를 확인했는지를 체크하였다. [에피소드 5]를 통해 실험 국면에서 교사 A와 학생의 담화는 대부분 실험 절차와 결과를 확인하는 짧은 상호작용에 그친다는 것을 확인할 수 있다.

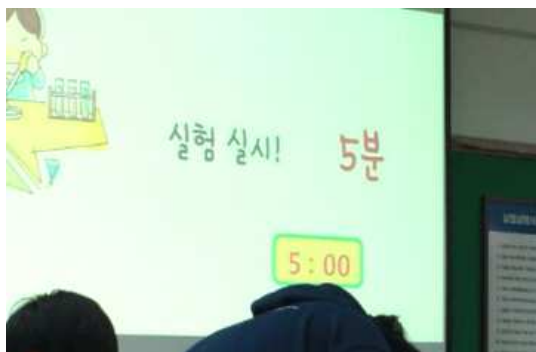
#### [에피소드 5] 초임교사 A의 실험 국면 상호작용: 결과 확인

- 1 학생: 선생님 (실험이) 안돼요
- 2 교사 A: 좀 기다려야지 반응이 일어나지. (시험관을 함께 보며) 이리면서 보글보글 하는 거 봐야지. 인내심을 가져
- 3 학생: 좀 보글보글 하는 거 (보이는 것 같아요)
- 4 교사 A: 어 보이지 보이지? 봤지?  
(다른 조로 이동하여) 너네 봤어?

2018.4. 3가지 화학반응 A#45 실험 국면

초임교사 A는 45분 수업에서 1개부터 많게는 3개까지 실험활동을 진행하였다. 수업 시간 내에 실험 활동을 진행하기 위해서는 무엇보다 정확한 시간 관리가 중요했다. 초임교사 A의 실험 수업에는 활동 시간이 정확하게 제시되었다. 이런 활동이 가능했던 이유는 교사 A가 학생의 각 활동 시간마다 전체 화면에 알람이 울리는 타이머를 활용했기 때문이었다. 타이머는 별다른 언어적 상호작용 없이 시간을 조절할 수 있는 도구로, 교사 A는 이를 활용하여 계획한 수업 시간 내에 안정적으로 수업을 진행할 수 있었다.

#### [교사 A의 실험 수업에서 도구 활용]



실험 활동에 사용한 타이머



보고서 작성 활동에 사용한 타이머

초임교사의 수업에서 상호작용의 특징을 알아본 연구에 의하면, 초임교사는 상호작용의 중요성은 인식하지만, 실제 수업에서 학습자가 지식을 구성하게 하는 실행을 할 수 있는 실제적 지식이 부족하여 설명위주의 강의식 수업을 한다고 알려져 있다(남정희 등, 2010). 교사 A는 예비교사 시기와 초임교사 시기에 설명과 확인 중심의 전통적 · 권위적 실험 수업을 진행하였다. 그러나 교사 A는 초임시기에 강의식 수업보다 실험 수업을 선택하였고, 다양한 실험활동을 학생들에게 제공하고 있었다. 이러한 모습은 초임교사가 실행하는 실험 수업에 대해 새로운 접근이 필요함을 시사한다.

## 학생 시작 질문의 증가

초임교사 시기에 교사 A의 실험 수업에서 학생의 질문으로 상호작용이 시작되는 경우가 증가하였다. 학생들이 개시하는 질문은 주로 실험 절차와 결과 확인에 대한 것으로 교사의 시기에 따른 차이는 보이지 않았다. [에피소드 6]은 교사 A의 실험 수업에서 학생이 시작 질문을 보여준다. 학생들의 질문에 교사는 시기에 관계없이 즉각적으로 피드백을 제공하였다.

### [에피소드 6] 교사 A의 실험 수업에서 상호작용을 개시한 학생의 질문들

- |     |                                    |                   |
|-----|------------------------------------|-------------------|
| #8  | 학생3: 거의 끝나가요. 양이 이상해요 (실험 절차)      | 2013. 4. 색소분리     |
| #1  | 학생1: 선생님 용기 무게도 같이 재는 거예요? (실험 절차) |                   |
| #44 | 학생2: 선생님 이거 이렇게 해요? (실험 절차)        | 2018. 4. 3가지 화학반응 |
| #54 | 학생: 선생님 다 했어요 (결과 확인)              | 2018. 4. 분자 구조    |

그림 4는 실험 수업에서 교사 A와 학생들의 시작 질문의 수를 보여준다. 예비교사 시기에 비해 초임교사 시기에 학생들의 질문 빈도가 증가하였다(그림 4). 학생들의 시작 질문은 교사 A가 실험 수업에서 제시하는 질문과 매우 닮아 있었다. 이것은 교사의 수업 담화가 학생의 사고에 미치는 영향이 크다는 것을 반증한다. 실험 수업에서 교사의 담화는 학생에게 의미 구성 방향을 제시하며, 같은 관점으로 학생들의 사고를 유도하는 것으로 보인다.

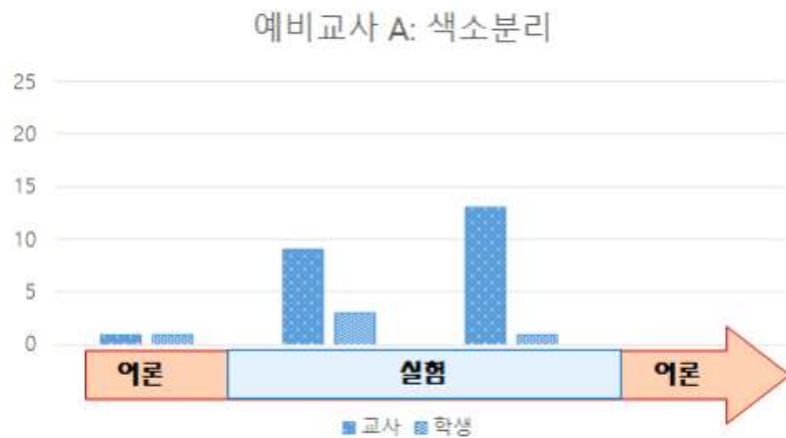


그림 4. 교사 A의 실험 수업에서 상호작용 시작 주체

### 5.1.2. 예비교사 A의 실험 수업 개념 생태

예비교사 A의 실험 수업 개념 생태는 과학 실험 수업에 대한 사고, 학습자에 대한 사고, 교육과정과 내용에 대한 사고, 교수 성향, 자아효능감 등의 구성요소로 이루어져있고, 각 개념 생태 요소에 대한 하위 요소는 다음과 같다(표 7, p.41).

#### **과학 실험 수업에 대한 사고: 공존하는 하위 요소들**

예비교사 A의 과학 실험 수업에 대한 사고는 지식 구성과 지식 습득의 두 가지 하위요소가 함께 나타났다.

예비교사 A는 지식 구성으로서 실험 수업이란 학생들이 스스로 활동을 하거나 다양한 생각을 해보는 것이라고 생각하였다. 그러나 자신의 교수 성향을 함께 언급하며 실행에서 잘 이루어지지 않은 점을 반성하였다. 아래는 예비교사 A의 수업 평가회 발언이다.

마지막에 저 조에서 강아지한테 줄무늬 있는 걸 입혀서 이렇게 하면 좋을 것 같아요 이런 거 하나까 저게 진짜 생각해보기의 의도였는데... 우리 조는 이거는 아니야 이거는 맞아 이런 게 진짜로 있는 걸 설명하는 식으로 끝아서...

#### **(2013. 8. ‘제한효소를 이용한 유전자 재조합’ 실험수업 후 평가회)**

유전공학의 활용 방법에 대해 생각해 보는 질문에 학생들이 의견을 말하는 상황에서 예비교사 A는 다른 모듈의 담화 내용을 듣고 자신의 수업 상호작용을 돌아보는 모습을 보였다. 예비교사 A는 자신의 모듈에서는 학생 의견에 대해 옳고 그름을 판단하며 학생들에게 옳은 지식을 전달하는 방식으로 실험수업을 실행하였으나(교수 성향: 교사 중심적) 다른 모듈에서는 그날의 실험활동을 적용하여 학생들이 질문에 대한 각자의 생각을 자유롭게 발표하는 모습을 보고(과학 실험수업에 대한 사고: 지식 구성) 자신의 교수 실행을 반성하게 되었다는 요지의 발언을 하였다.

지식 습득의 측면에서 논의는 학생들이 정해진 실험 수업에서 획득해야 하는 과학 지식에 대한 이야기로 이루어졌다. 예비교사 A는 특정 실험 수업에서 학생들이 유사한 과학 지식을 습득해야 한다고 생각하였다. 지식 습득으로 과학 실험 수업에 대한 사고는 학생이 습득하는 과학 지식의 차이를 줄이기 위하여 학습 내용을 명시하는 역할로써 교육과정과 내용지식에 대한 사고와 연관되기도 하였다. 다음은 실

험 수업 활동 결과, 학생이 알게 되는 과학 지식에 차이가 있음을 우려하는 예비교사 A의 발언이다.

모범 답안에 이렇게 미리 제시했으면 우리가 미리 읽어보니까 보고 이 문제의 의도가 뭐다. 좀 더 조별로 통일된 길을 가잖아요. 다 각자 다른 방향을 잡으니까. 애들이 가져가는 게 조마다 좀 다를 것 같아서 그냥 ‘멘토의 역할’에 모범 답안을 따로 놔두면 좋을 것 같아요.

(2013. 8. ‘DNA 추출’ 실험수업 후 평가회)

DNA 추출 실험에서 사용하는 재료인 주방 세제에 대한 설명을 할 때, 어떤 모둠의 경우에는 ‘계면활성제’라는 과학 용어까지 알 수 있지만 다른 모둠은 용어는 제시하지 않고 역할만을 설명하는 등의 차이를 보였다. 실험 수업에서 예비교사들은 각각의 해석을 가지고 실행에 임하여 과학 지식을 다양한 수준으로 제시하였다. 그러나 이런 차이는 학생들이 습득하는 지식에 차이를 가지게 하므로(지식 습득으로 과학 실험 수업에 대한 사고: 지식 습득) ‘멘토의 역할’에 명시적으로 교육할 내용에 제시하여(교육과정과 내용에 대한 사고: ‘멘토의 역할’) 예비교사들이 실험 수업에 임하는 것이 필요하다고 생각하고 있었다.

예비교사 A는 과학 실험 수업에 대한 사고에서 두 가지 하위요소인 과학 학습을 과정으로서 지식을 구성하는 것과 과학의 산물로서 지식을 습득하는 것을 고려하고 있는 것으로 보인다. 하지만 지식 구성과 관련된 실행이 이루어지지 못한 것을 스스로 반성하는 모습도 보이지만, 학생들이 실험시간 동안 더 많은 결과를 확인하고 지식을 배우는 것을 강조하며 실험 수업은 과학 지식 습득을 위한 것임을 중요하게 여기는 것으로 보인다.

#### **학습자에 대한 사고: 과학 학습과 실험 수행을 어려워하는 학생들**

예비교사 A의 학습자에 대한 사고는 학생의 학습능력과 실험수행 능력에 대한 평가를 포함하고 있음을 알 수 있다. 예비교사 A는 학생이 과학 학습을 어려워 할 것이라고 생각하고 있었고, 실험 수업을 수행하는 데에도 어려움을 가지고 있을 것이라고 생각하고 있었다. 이러한 사고는 교사가 학생들에게 내용을 쉽게 알려주고 실험수행 과정을 자세히 보여주는 등 교사 중심적 교수 성향과 함께 발현되기도 하였다.

#### **교육과정과 내용에 대한 사고: 가르칠 내용과 방향을 제공하는 ‘멘토의 역할’**



예비교사 A는 실험 수업에 대한 교사용 자료집인 '멘토의 역할'을 수정하고 활용하는데 많은 논의를 제시하였다. 교육과정과 내용에 대한 생각은 교사의 자아효능감과 함께 생각되고 있었다. 다음의 예는 교육과정과 내용에 대한 정보를 제공하는 '멘토의 역할'에 대한 예비교사 A의 발언이다.

**과학적으로 무슨, 무슨 이점이 있어 우리가 말해줄 수 있는 지식을 '멘토의 역할'에 있거나, 아니면 정말 생각해보자 식의 문제면 아 정말 답이 없어 이거는. 네가 다 생각하면 돼. 이렇게 좀 자신 있게 얘기해줄 수 있게기다 아니다. 이거를 좀 명시해줬으면 좋겠어요.**

(2013. 4. '색소 분리' 실험수업 후 평가회)

실험 수업 진행에 필요한 과학 지식을 정리한 '멘토의 역할'의 필요성을 강조하며 구체적인 내용과 함께 모범 답안을 함께 제시할 것을 제안하였다(교육과정과 내용에 대한 사고: '멘토의 역할'), 수업 실행에 있어서 예비교사 A는 학생들에게 어떤 내용을 말해야 할지, 어떻게 말해야 할지에 대해 어려움을 겪고 있었기 때문에 명시적인 '멘토의 역할'은 실험 수업 실행에 대한 자아효능감을 높여줄 수 있는 도구라고 생각하고 있었다(자아효능감: 실험수업 실행).

#### **교수 성향: 알려주는 교사 중심적 교수**

예비교사 A는 교사가 개입하여 학생들에게 실험 방법을 직접 제시하거나 지식을 설명하여 제공하는 것의 장점을 강조하는 등 교사 중심의 교수성향을 선호하는 모습이 나타났는데, 교사 중심적 교수 방법이 주어진 시간 내에서 실험을 수행하는데 효율적이라고 생각하고 있었다. 아래의 예는 해부실험을 통해 체내 기관과 기능을 살펴보는 태아돼지해부 실험 후 평가회 담화 중 일부이다. 전년도(2012년) 동일 활동에서 학생들이 해부 계획을 세워 실험하는 동안 시간이 부족했던 경험을 바탕으로 당해(2013년)에는 예비교사들이 해부 방법을 알려주고 학생들은 따라하는 방식의 수업이 진행되었다. 이에 학생들이 탐구적으로 실험하지 못했다는 다른 예비교사들의 비판이 이어지자 예비교사 A는 다음과 같이 발언하였다.

**시행착오를 겪어 가면서 시간도 없는데 썰어보고 이렇게, (웃음) 절개를 해보고 그 촉박한 시간에 자기가 깨달을 때까지 이렇게 그 간단한 걸 그렇게 깨닫도록 해야 되는 건지... 알려주면 그냥 하면 끝나는 건데.**

(2013. 7. '돼지 해부1' 실험수업 후 평가회)

해부 시 절개하는 방법과 관찰해야 할 내용을 학생들 스스로 찾는 것에 대해 회의적으로 표현하며(과학 실험수업에 대한 사고: 지식 구성) 교사가 방법을 알려주는 것은 쉽고 효율적이라는 요지의 발언을 하였다(교수 성향: 교사 중심적).

예비교사 A의 교수성향과 과학 실험 수업에 대한 사고는 관련되어 나타났다. 학생 중심적 교수성향은 지식 구성으로 과학 실험 수업에 대한 사고와, 교사 중심적 교수성향은 지식 습득으로 과학 실험 수업에 대한 사고와 연결되어 있었다. 다음의 예는 예비교사 A는 지식을 제공하는 교사 중심적 교수 방법을 선호하는 것처럼 보였지만, 지식을 습득하게 하는 학생 중심적 교수방법에 대한 이야기도 계속적으로 하고 있었다.

**멘토가 최소한의 개입으로 이끌었어야 했는데, 좀 더 많은 답변을 하고 도와주려다보니 개입이 많아지고 조금 더 과학계 유도했던 부분이 있었다.**

(2013. 9. ‘단백질의 구조’ 실험수업 후 평가회)

실험 수업에서 학생이 스스로 해 보는 것의 필요성은 알고 있었으며(과학 실험수업에 대한 사고: 지식 구성) 자신의 실행에서 학생이 문제를 제기하고 스스로 해결 방법을 찾아보며 대안을 제시하는 등의 학생 중심적인 실행이 이루어지지 못한 것을 인지하고 있었다(교수 성향: 교사 중심적).

### **자아효능감: 가르치는 즐거움 그리고 과학 지식 부족의 아쉬움**

예비교사 A는 실험 수업에서 가르치는 것을 즐겁게 여기고 있었다. 그러나 자신의 과학 지식이 부족하다고 생각하였다. 자아효능감의 하위 요소인 과학 지식과 실험 수업 교수에 대한 내용은 서로 영향을 주고 받는다. 아래의 예는 태아돼지해부의 호흡기 해부에 대한 예비교사 A의 발언이다.

**폐포에 용집. 용집이라는 말을 쓰면 된다고 알려주기는 했는데, 저도 잘 모르는 채로 이 말이 그 말인가 보다 이려고 알려줬는데, 그게 좀 알려주면서도 찝찝했던 것 같아요. 맞는지 아닌지 좀 그래서...**

(2013. 7. ‘돼지 해부1’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 A는 과학 용어에 대해 깊이 이해하지 못한 채로 실험 수업을 실행하였고(자아효능감: 과학 지식) 이 때 과학 지식에 대한 확신 없이 학생을 가르치는 것에 부정적인 감정 느끼고 있었다(자아효능감: 실험수업 실행). 이는 교사의 과학 지

식의 부족이 실험수업 실행에 부정적 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

예비교사 A의 개념 생태 요소와 하위요소에 대한 예시는 표 9에 정리하였다.

표 9 예비교사 A의 실험 수업 개념 생태

구성요소	하위요소	예시
과학 실험 수업에 대한 사고	지식 구성	시간이 많으면 그냥 유도하지 않고 자기들이 관찰할 때까지 다 볼 텐데
	지식 습득	실험을 하게 되면 눈에 보이는 게 아니라 막 분자 생물학 이런 거 하면 하나도 모르잖아요. 이거는 딱 했을 때 이렇게 해서 이렇게 나오는 게 그래도 눈에 보이니까 조금은 쉽게 다가올 수 있는데
학습자에 대한 사고	학습능력	그 개념 자체를 되게 힘들어 하더라고요 고1 입장에서는 좀 힘들었을 것 같은데... 알고는 간 것 같아요.
	실험 수행 능력	실제로 하는 것보다 훨씬 더 어려운 실험이고 그런 게 보여서 좀 아쉬웠어요.
교육과정과 내용에 대한 사고	'멘토 역할'	멘토 선생님들 오는, 어 그거 뭐지? '멘토의 역할'을 잘 읽어 오신 것 같아서 뭐 몇 분 빼고는 다 현미경도 스스로 찾을 수 있게 다 도와 주셨고. 그것도 좋았고. 네, 대체적으로 저는 무난한 수업이었다고 생각했어요.
교수 성향	학생중심	멘토가 최소한의 개입으로 이끌어야 했는데
	교사 중심	정해진 시간 안에 주어진 걸 다 최대한 많이 다 봐야 되니까 그냥 어떻게 해서 많이 보여주고 '여기 좀 더 주안점을 두고 보면 어떨까?' 이렇게 해서 이끌어 오는 경향이 있는 것 같아요. 애들 시켜 볼 거를 우리가 빨리빨리 해서 보여준다던지 마무리한다던지 이렇게 할 수 있을 거서 같아요.
자아효능감	과학 지식	활동지에 답이 안 달려있으니 어려워 보이지 않는 문제라서 뽑아왔는데 막상 가면 설명할 수 있겠지 했는데 오히려 배운다는 느낌으로 했어요
	실험 수업 교수	고등학생 만나서 가르쳐 주는 거는 굉장히 재미있었고요.

앞서 제시한 바와 같이 각 요소들은 다른 요소와 함께 연관되어 논의되었다. 과학 실험 수업에 대한 사고는 교육과정과 내용에 대한 사고와 교수 성향과 연결되어 있었고, 학습자에 대한 사고는 교수 성향과, 교육과정과 내용에 대한 사고는 교수 성향이나 자아효능감과 연결되어 있었다. 이는 예비교사 A의 실험 수업요소들이 서로 관계를 맺으며 맥락적으로 구성되어 있음을 보여준다. 예비교사 A는 교육과정과 내용에 대한 사고와 교수 성향을 중심으로 형성된 다른 요소들과의 관계를 토대로 실험 수업에 대한 개념 생태를 구성하고 있었다. 예비교사 A의 실험 수업에 대한 개념 생태 요소와 요소들 간의 연결은 그림 5에 제시하였다. 개념 생태 요소는 둥근 사각형으로, 하위 요소는 요소 내부에 둥근 사각형으로 표현하였으며, 하위 요소에 대한 예비교사의 생각은 기울임체로 나타내었다. 예비교사 A의 발화에서 연결되어 나타난 요소인 경우, 연결선으로 표시하였다(그림 5).

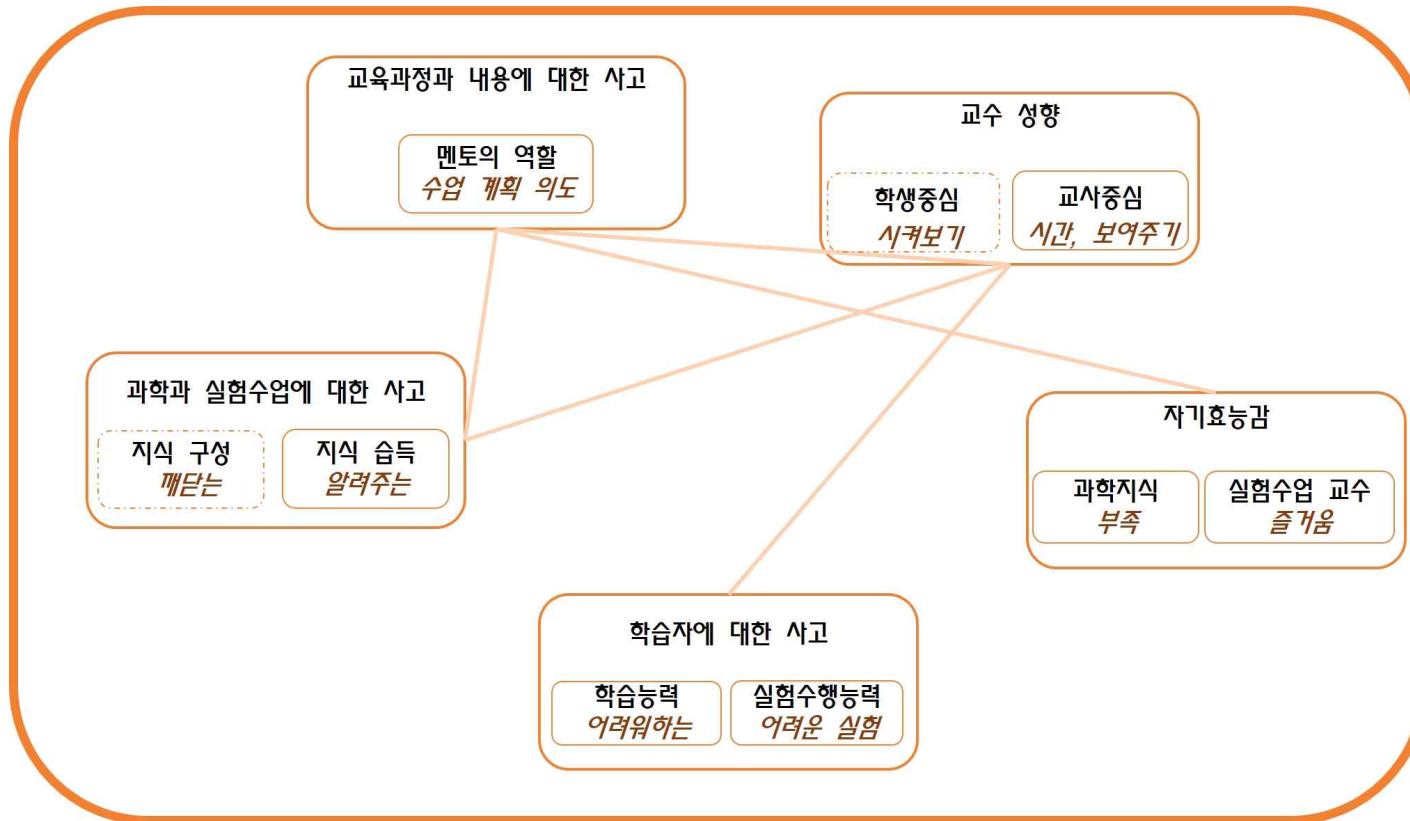


그림 5 예비교사 A의 실험 수업 개념 생태

**동근 사각형**: 실험수업에 대한 개념생태와 하위 요소,

**테두리가 점선인 동근 사각형**: 실행에 잘 드러나지 않은 요소,

**기울임체**: 하위 요소에 대한 교사의 생각

— 연결선: 연관되어 나타난 요소

예비교사 A의 개념 생태 요소 간 연결에서 나타나는 특징은 다음과 같다.

- 교육과정과 내용에 대한 사고는 활동 목적을 명시하는 과학 실험수업에 대한 사고나 실험 수업 실행에 대한 자아효능감과 연결되어 있었다.

**‘멘토의 역할’을 아예 양식을 A4반절로 나눠서 반절은 활동지를 넣고 옆에다가 활동지 모범답안 이랑, 활동지 풀 때 마다 무슨 말을 할지랑, 활동지, 이 단계에서 무슨 질문을 할지랑, 아예 양식을 멘토가 할 일 반 이렇게 해서 매칭 시키면. 해놓으면 좀 더 만드는 데 시간은 많이 걸리는데 (실험 수업이) 더 효율적으로 되지 않을까요?**

#### (2013. 4. ‘색소 분리’ 실험수업 후 평가회)

실험 수업에 대한 평가회에서 예비교사 A는 실험 수업 내용과 지도 방법을 상세하게 제시하도록 ‘멘토의 역할’ 수정할 것을 주장하였다. 실험 수업 실행에서 교사가 역할을 고민할 때 ‘멘토의 역할’이 특정 맥락에서는 학생들의 지식 구성을 위해 학생 중심적인 교수 방법을, 다른 맥락에서는 학생의 지식 습득을 위하여 교사 중심의 교수 방법을 수행하도록 가이드라인을 제시해야 한다고 생각했다. 또한 모범답안과 질문의 제시를 예비교사들의 부족한 과학지식을 보충하고 실험 수업 실행에 대한 만족도를 높일 수 있는 수단으로 고려하는 것이 나타났다.

- 교사 중심의 교수성향은 지식을 습득하는 과학 실험 수업에 대한 사고와 과학 학습과 실험수행을 어려워하는 학습자에 대한 사고와 함께 연결되어 있었다.

**(해부실험을 학생들이) 직접 하면 배워가는 게 별로 없었을 것 같아요. 시간 때문에. 그러니까 뭔가 우리(예비교사)가 하면 이렇게 잘라야 볼 수 있는 게 더 많고, 더 잘 자른 거다 못 자른 거다 이걸 아니까. 그 방법대로 정석대로 잘라서 보여주고, 잘 보이게 해주고 이런데, (학생들끼리) 해보라고 하면 잘라서 안 좋은 거를 자르고 잘라야 하는 거를 모르고 그냥 넘어갈 것 같아서**

#### (2013. 7. ‘돼지 해부1’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 A는 본인이 실험 수업에서 학생들이 더 많은 과학 지식과 실험 방법을 접하는 것에 의미를 부여하는 교사 중심적인 교수 성향을 가지고 있음을 인지하고 있었다. 교사는 학생보다 더 많은 지식을 가지고 있는 사람으로, 과학 학습과 실험수행을 어려워하는 학생들에게 지식을 제시하고 실험을 안내하는 역할을 해야 한다고 생각하고 있었다.

- 완성된 지식을 습득하는 과학 실험 수업에 대한 사고는 학생 중심적 교수 실행

에 갈등을 가지게 하는 것으로 보인다.

마지막에 저희는 황금 쌀이나 무르지 않는 토마토나 딱 있는 것을 설명을 하고, 애들이 대답을 못해도 앞에 그림에 인슐린이 나와 있으니깐 앞에 그림에서 생각해봐. 이런 식으로 얘기했는데 실제로 있는 것을 설명하고 개가 처음에 무주랑 토마토랑 감자 섞인 걸 얘기했거든요. 근데 제가 ppt 만들었을 때 있었는데 무주랑 토감자는 재조합이 아니고 잡종이란 얘기가 있었어요. 그래서 제가 이런 재조합 아니야. 말했는데, 생각해보는데 뭐 아니야 맞아 이렇게 하는 게 맞긴 맞나?

(2013. 8. ‘유전자 재조합’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 A는 지식 구성으로서 실험 수업 수행이 이루어져야 함을 인지하고 있다. 그러나 한편으로 자신의 교사 중심 교수 성향으로 실험 수업에서 과학 지식 구성이 잘 이루어지지 않음을 인지하였다. 옳은 답이 존재한다는 과학에 대한 사고는 예비교사로서 지향해야 하는 학생 중심의 교수 성향과 학습자로서 체득된 교사 중심의 교수 성향 사이에서 자신의 실행에 대한 의문을 가지게 하였다.

지식 구성 및 습득으로서 과학 실험 수업에 대한 사고와 학생중심과 교사 중심의 교수성향이 예비교사 A의 개념 생태 요소로 함께 나타났다. 한편으로 예비교사 A는 지식 구성과 학생중심에 대한 내용들은 실행에 어려움을 느꼈고, 자신의 실행에 확신을 가지지 못하는 것으로 모습도 보였다. 또한 예비교사 A의 발언을 통해 그가 학생중심-교사 중심 교수 성향 간의 갈등을 겪고 있음을 확인할 수 있었다. 평가회에서 이러한 갈등은 다른 예비교사들에게서도 종종 관찰되었는데, 예비교사들은 과학교육의 목적이나 교수방법에 대한 필요성을 심도 있게 고민하기보다 ‘멘토의 역할’에서 할 일을 제시하는 방향으로 갈등을 해결하려는 모습을 가진다고 해석할 수 있었다.

이밖에도 학습자에 대한 사고는 교수 성향과, 자기효능감은 교육과정과 내용에 대한 사고와 연결되어 나타남을 볼 수 있었다.

### 5.3.1. 초임교사 A의 실험 수업 개념 생태

초임교사 A의 실험 수업 개념 생태는 과학 실험 수업에 대한 사고, 학습자에 대한 사고, 교육과정과 내용에 대한 사고, 교수성향, 자아효능감, 과거 경험, 사회·제도적 측면, 인식론적 확신근거가 나타났다. 각 개념 생태 요소에 대한 하위 요소는 다음과 같다(표 8).

#### **과학 실험 수업에 대한 사고: 다양한 하위요소의 등장**

초임교사 A의 과학 실험 수업에 대한 사고와 관련하여 예비교사 시기에 가지고 있던 지식구성과 지식 습득의 하위요소 외에 조작 경험, 과학적 소양, 흥미 등의 하위요소가 등장하였다.

초임교사 A는 예비교사 시기와 유사한 지식 구성과 지식 습득에 대한 생각을 가지고 있었다. 지식 구성의 중요성을 사범대학에서 배워 알고 있었고, 학생들이 실험 수업에서 지식 구성 기회를 갖기를 바라는 것처럼 보였지만, 자신의 교수 실행에서는 잘 일어나지 않았음을 인정하였다. 하지만 실행을 위한 구체적인 생각을 하는 모습은 나타나지 않았다. 또한 초임교사 A는 지식 습득으로서 과학 실험 수업은 과학자들이 밝혀놓은 지식을 학교에서는 그대로 배우는 것이라고 여겼다. 아래의 예는 초임교사 A의 과학에 대한 사고를 보여준다.

뭔가 생물학이나 발생학 하면 발생학 정점에 가서 박사가 되면 요만큼 더 성취를 해내는 게 박사라고.. 그렇게 들었는데... 뭔가 이 끝에 가기 까지는 다 밝혀놓은 것을 막 구겨 넣고 그 사람들이 어떻게 밝혔는지를 그대로 배우고 그 끝에 가서 자기 과학을 할 때가 참된 과학이라고 생각했어요.

학교 과학이 도움이 되기는 하지만 과학자들이 하는 것과 별개인 엄청나게 간단한 버전인거죠.

(2018. 10. 최종 면담)

과학 지식에 대한 생각은 이미 과학자들에 의해 밝혀진 것이고 이것을 ‘참된 과학’이라고 여기고 있었으며, ‘참된 과학’은 학교에서 가르치는 과학과 실험과는 차이가 있는 것으로 생각하고 있었다(과학 실험 수업에 대한 사고: 지식 습득).

초임교사 A는 실험은 실제로 보거나 해보는 조작과 관련된 경험을 제공하는 것으로, 학교에서만 할 수 있는 활동이라 여겼다. 과학 교육에서 ‘학생들이 해 보는 경험’을 중요하게 생각하게 된 것은 사범대학에서 교원양성과정을 거치며 알게 된 점이었다. 초임교사 A가 생각하는 ‘경험’은 과학과 관련된 시약(예시: 수단 III)이나

도구(예시: 메스실린더)를 보거나 만져보고, 시범 실험을 보거나(예시: 수소 풍선 터뜨리기 시범실험) 실험을 해보는(예시: 해부) 것으로, 면담 중 다양한 예시로 설명되었다.

**과학이라는 게 사실 저도 달달 외워서 대학 왔지만 생물교육과 와 보니까 현미경 쓰고 뭔가 조작적인 것도 중요하고 그걸 해보는 게 되게 중요한 것 같은 거예요. 그래서 애들한테 경험을 되게 많이 주고 싶었어요.**

(2018. 10. 최종 면담)

그러나 이러한 ‘경험’에 대한 이야기는 주로 조작적인 활동의 측면에서 이야기되었고 과학지식을 구성하는 것으로서 실험 경험에 대한 생각은 구체적으로 나타나지 않았다(과학 실험수업에 대한 사고: 조작 경험).

초임교사 A는 과학적 소양 측면에서 과학 실험 수업을 시민이라면 알아야 하는 일상생활에서 활용 가능한 기본지식을 학습하는 것으로, 정규 학교 교육과정을 통해 학생들이 학습해야 하는 것으로 생각하고 있었다. 특히 교사 A는 학생들에게 4대강 녹조에 대한 뉴스 이해하기, 삼푸 고르기, 일상에서 사용하는 언어 이해하기, 병원 방문 등의 예를 들며 일상생활에서 활용할 수 있는 과학 학습의 필요성을 강조했다.

또한 실험활동은 학생들의 흥미를 이끌 수 있어, 과학 학습에 동기를 부여하는 도구로 여겨지기도 한다. 과학 실험 수업에 대한 흥미라는 하위요소는 학생들에 대한 사고와 관련되며 학업에 관심이 없는 학생들에게 학습으로서의 과학보다 흥미를 통해 과학을 접하게 하는 것에 의미가 있다. 다음은 초임교사 A의 학생들이 과학 학습에 대해 흥미를 가지게 하는 도구로서 실험 수업에 대한 생각이다.

**사실... 실험 활동을 많이 하는 거는 재미를 느꼈으면 해서 하는 게 많은 것 같아요. 딱히 성적에 관심 없는 애들도 많아서 이걸 줄줄 읊어주는 게 사실 제가 가르치면서도 성적에 의욕이 없기 때문에 애들이 들을 필요가 뭐가 있을까... 하는 생각을 가끔 해요.**

(2018. 10. 최종 면담)

#### **학습자에 대한 사고: 알고 싶은 게 없는 학생들**

초임교사 A의 학생들의 학습능력에 대한 이야기 속 학생들은 학습에 의욕이 없



고, 알고 싶은 것이 없는 것처럼 묘사되었다. 예비교사 시기 학생에 대한 사고는 학습자만 고려하여 이루어졌다면, 초임교사 시기에는 학교가 속해있는 지역의 특성과 학습자를 종합하여 판단하게 된다. 이에 초임교사 A의 학교 학생들은 학습이 어려울 뿐 아니라 학습 필요성을 느끼지 못하는 학생들로 여겨지고 있다. 다음의 예는 초임교사 A의 학생들에 대한 사고를 보여준다.

우리 학교에는 딱히 성적에 관심 없는 애들도 많아서 이걸 줄줄 읊어 주는 게 사실 제가 가르치면서도 성적에 의욕이 없기 때문에 애들이 들을 필요가 뭐가 있을까 하는 생각을 가끔 해요. 그러니까 맨날 할 때 “선생님 이거 왜 알아야 해요?” 그러면 사실 저도 모를 때가 많거든요. 몰라도 잘 사니까.. (중략).... 내가 서울대 나와도 모르고 잘 살았는데 이거를 이 약간 열악한 (지역의) 공부 안하는 애들이 달달 외워야하지? 이런 생각이 들어서 그냥... 재미있게 했으면 좋겠다는 생각을 하는 것 같아요(교사의 노력).

(2018. 4. ‘세 가지 화학반응’ 실험수업 후 면담)

사실 저희학교 애들은 공부 잘하는 편이 아니어서 이거 몇 개 외워서 뭘 쓸까? 하는 게 있거든요. 나중에 혹시나 생물학과 가고 생물교육가 가도 좀... 쳐지지는 않았으면 좋겠다. 모르겠어요. 근데 이거한다고 쳐지지는 않을지 모르겠지만 그냥 남들 하는 건 시켜서 보내고 싶은 게 있어요(교사의 노력).

(2018. 10. 최종 면담)

초임교사 A는 과학 학습에 무기력하게 접근하는 학생들(학습자에 대한 사고: 학습 능력)에 대해 공감하려고 애쓰고 학생들의 입장에서 과학 학습을 도와주기 위해 고민하는 모습이 자주 나타났다. 이 때 일정 수준 이상의 과학 학습 성취를 위해 학생들의 흥미를 고려하는 것을 알 수 있었다(과학 실험수업에 대한 사고: 흥미).

### **교육과정과 내용에 대한 사고: 알아야 할 지식과 알 필요가 없는 지식**

교사 A의 사례에서 예비교사 시기에 수업에서 가르쳐야 할 내용을 정리하고 선택하는 기준으로 작용했던 것이 ‘멘토의 역할’이었다면, 초임교사 시기에는 교육과정이 학습 내용 선택에 강력한 기준으로 작용하고 있었다. 초임교사 A는 교육과정에 나오는 지식과 실험 내용은 학생들이 반드시 학습해야 하는 것이라 강조하며, 교사가 필수적으로 가르쳐야 할 내용이라고 생각하고 있었다. 아래의 예는 교육과정에 대한 초임교사 A의 생각이다.

(교과서에 나오는 필수탐구를 가르치지 않을 경우) 다른 학교 졸업하면 다 했을 거를 우리학교

졸업하면 (배우지 않아서) 손해를 보는 거잖아요. 그래서 약간 막 더 의욕적으로 하지는 못하더라고  
그거는 최대한 해야 한다고 생각했어요.

저번에 한 번 그런 걸 했어요. 영화중에서 가타카를 보여주고 그 뒤에 수업을 하는데 인공지능이  
랑 시험관아기 유전자 검사 이런 거 뉴스 보여주고 설명을 했었거든요. 그리고 나서 활동지를 .. 사  
실 그런 거 알 필요가 없는 지식이잖아요. 교과과정에 없으니까.

(2018. 10. 최종 면담)

교과서 필수탐구의 경우 전국 학생들이 공통으로 경험하도록 제시되는 실험으로,  
가르치지 않는 경우 학생들에게 피해가 된다고 생각하였다(교육과정과 내용에 대한  
사고: 교육 과정). 반면 교육과정에 제시되지 않는 과학 지식인 경우는 ‘알 필요가  
없는 지식’으로 생각하고 있었다.

#### **교수 성향: 딱 떨어지는 교사 중심적 교수**

초임교사 A는 실험 수업에서 지식과 실험 방법에 대한 설명을 매우 구조화하여  
제시하는 등 교사 중심적 교수 성향을 가지고 있었다. 또한 계획한 실험활동에서는  
결과가 정확하게 나오는 것을 선호하고 있었다. 이러한 교사 중심적 교수 성향은  
지식 습득으로서의 과학 실험 수업에 대한 사고나, 중·고등학교에서 자신의 학습 경  
험과 연결되어 나타나기도 하였다. 초임교사 A는 자신의 수업 운영 방식에 대해 아  
래와 같이 발언하는 등 자신의 교사 중심적 교수 성향을 확실하게 인지하고 있었  
다.

그래서 저도 사실 어렸을 때 답 안 나오는 거 되게 힘들어하고... 저번에 (하하하) 수연언니랑  
얘기했을 때도 제가 짚는 수업은 항상 열려있지 않고 닫혀있어요. 답을 탁탁 주고 뭘가.. 좀 구조화  
된 거를 선호하는 것 같아요.

(2018. 10. 최종 면담)

초임교사 A는 교사 중심적 교수성향과 더불어 학생중심적인 교수 성향도 함께  
보이고 있었다. 교사 A는 학생들이 수업시간에 질문을 하는 경우 웹서핑은 통해 질  
문에 대한 답을 함께 알아보거나, 수업시간 중 해결되지 않는 질문은 따로 기록하  
였다가 일과 후 관련 내용을 찾아 소셜네트워크서비스에 운용 중인 단체 대화방에  
제공하여 주기도 하였다. 또한 학생이 제시한 질문을 다른 학급의 친구들에게도 공  
유하며 질문을 하는 태도에 대해 긍정적인 평가를 내리기도 하였다.

### **자아효능감: 나도 잘 모르는 과학**

초임교사 A는 자신이 가지는 과학 지식이 부족하다고 생각하고 있었다. 특히 중학교에서 전공분야 이외의 교육을 담당하며 지식의 한계에 부딪치기도 하였다. 그러나 오히려 이런 면은 정답을 즉시 제시하는 대신, 학생들의 질문에 열린 마음으로 다가가 함께 답을 찾아보는 등 학생 중심적인 교수를 통해 해소하는 모습을 보이기도 하였다. 다음의 예는 교사의 과학 지식에 대한 낮은 자아효능감이 오히려 지식 전달에서 벗어나 학생과 함께 과학 지식을 찾고 논의하게 하는 데 도움이 될 수 있음을 보여준다.

**선생님 이거 왜 그래요? 하고 질문을 해도 제가 약간 지구과학 같은 건 잘 모르잖아요. 예를 들어 대폭발. 빅뱅이론 이거 마지막에 간단하게 어떤 거다. 이거 시험에 나온다 했거든요 근데 8반을 도는데 맨 마지막에 한 반만 ‘선생님 이게 뭐예요? 증거가 뭐예요?’ 하는 거예요. ‘동영상 보여주세요.’ 하는 거예요. 그래서 같이 유튜브에서 찾아볼까? 해서 동영상 보는데...**

(2018. 10. 최종 면담)

초임교사 A는 여러 학급에서 실험 수업을 하며 빅뱅이론에 대한 개략적인 지식을 전달하였다. 한 학생의 질문은 교사가 가진 지식의 한계를 알게 하였고(자아효능감: 과학 지식), 그에 해당하는 지식을 전달하는 대신 학생들과 함께 내용을 찾아보며 공유하게 하였다(교수 성향: 학생 중심적).

### **과거 경험: 현재에 영향을 주는 과거**

초임교사 A는 과거의 경험들과 현재의 실행을 다양하게 관련지어 이야기하고 있었다. 초임교사 A의 발언을 통해 학창시절 경험한 학업에서의 성취감(예: 딱 떨어지는 느낌, 찝찝한 느낌)이 현재의 교수 성향에 영향을 미쳤음을 짐작할 수 있다. 사범대학에서 경험한 부정적 감정과(예: 위축된) 과학교육에 대해 새로이 알게 된 사실들이(예: 조작적 경험, 생각해보기의 중요성) 실험 수업에 대한 생각과 교수 성향에 관련되어 나타나기도 하였다. 아래의 예는 교사 A가 학습자로서 과학을 배울 때 정확한 지식 전달에 가치를 두고 있었다면, 사범대에서의 경험을 통해 지식 구성으로 과학의 가치도 알게 되었음을 보여준다.

**지금은 이제 생물교육과에서 배워서 생각해 보는 게 가치가 있는 걸 알지만 어릴 때는 뭔가 학교 선생님들도 인강 강사처럼 딱딱 구조화해서 가르쳐 주면 좋을텐데.. 이런 생각을 했었어요.**

(2018. 10. 최종 면담)

또한 교육실습의 경험을 통해 다른 교사의 교육 실천을 관찰하고, 장점을 모방하여 실행에 반영할 수 있다는 것을 알 수 있다.

### **사회·제도적 측면: 중학교와 낮은 사회·경제적 지위**

사회·제도적 측면에서는 중학교 교육제도, 상급학교로 진학, 해당 지역의 사회·경제적 특성 등 세 가지 하위요소가 나타났다.

중학교 교육제도 측면에서는 45분의 수업시간과 중학교 교사의 교과목 담당 제도를 고려하는 것을 볼 수 있었다. 먼저 중학교의 45분 수업시간은 강의와 실험활동 등 필요한 교육활동을 제한하는 역할을 한다. 교사 A는 한 학기 수업 27차시 중 20차시에 실험활동을 도입하는 등 평균적으로 3~4회 시행된다고 알려진(조이연, 2015) 학기 당 교사들의 실험 수업에 비해 매우 높은 빈도로 실험 수업을 진행했다. 그러나 45분의 수업시간 내에 정해진 분량의 강의와 실험을 마치기 위해서는 간단하고 결과 확인이 쉬운 확인실험을 중점적으로 선택하여 활용할 수밖에 없었다. 또한 매우 구조화된 교사 중심적 운영방식으로 시간 내 실험활동이 이루어질 수 있도록 하였다. 다음으로 중학교에서 비전공 교과를 담당해야 하는 제도 내 초임 교사로 겪는 어려움과 아쉬움이 있었다. 다른 교사의 개인적 상황을 고려하여 전공분야 교수를 양보하였지만, 생물교과의 필수 탐구 실험이 이루어지지 않는 것에 아쉬움을 드러냈다.

상급학교로의 진학은 학생들이 배워야 하는 내용을 결정하는 교육과정과 연관이 있고, 이를 토대로 초임교사 A는 지식 습득으로 과학 실험 수업을 강조하였다.

**사실 학교는 애들이 막 실험하고 실패하고 고쳐보고 이거 하는 거도 중요하지만 그거는 시험에 안 나오고 인내와 끈기를 길렀다고 해서 대학 잘 가는 게 아니잖아요.**

**(2018. 10. 최종 면담)**

초임교사 A는 지식 구성으로 과학 실험 수업의 중요성을 인정하지만(과학 실험 수업에 대한 사고: 지식 구성), 상급학교 진학을 위해서는 시험에 나오는 지식을 습득하는 것이 유용하다고 생각하고 있음을 알 수 있다(사회·제도적 측면: 진학).

교사 A가 처음 부임한 학교는 기초생활 수급자의 비율이 상대적으로 높은 지역에 속해 있었으며 학업성취도와 사교육을 시행하는 비율도 다른 지역의 학교에 비

해 낮은 편이었다. 지역 특색은 학습자에 대한 사고에 영향을 미쳤다. 교사 A는 사회경제적 지위에 따른 학습자의 능력 차이로, 다른 지역에서 실험 수업을 한다면 수업 내용의 깊이는 달라질 수 있겠지만 자신의 교수 성향은 달라지지 않을 것이라 생각하였다.

### **인식론적 확신 근거: ‘경험을 제공하는 실험 수업’**

‘경험을 제공하는 실험 수업’은 교사 A의 다양한 경험과 연관되며, 면담 과정 중 일관되게 등장하였다. 아래 예시는 교사 A가 사범대학에서의 경험을 통해 실험경험이 중요함을 알게 된 것을 보여준다.

**사실 저도 달달 외워서 대학 왔지만 생물교육과 와 보니까 현미경 쓰고 뭔가 조작적인 것도 중요하고 그걸 해보는 게 되게 중요한 것 같은 거예요. 그래서 애들한테 경험을 되게 많이 주고 싶었어요.**

(2018. 10. 최종 면담)

본인의 학습 경험은 지식 습득을 중심으로 이루어졌지만(과거 경험: 초·중등), 교원양성 과정 중 ‘조작 경험’이라는 실험 수업의 다른 가치를 알게 되었고(과거 경험: 사범대학) 이는 교사 A의 개념 생태 하위요소에 자리하게 되었다.

교사 A의 예비교사 시기에는 일관성을 보이거나 권위를 가지는 신념이 나타나지 않았다. 실험에 따라 다르게 표현되거나, 갈등이 드러나는 등 인식론적 확신근거를 찾기 어려웠다. 그러나 초임교사 A는 실험 수업의 계획과 평가를 포함하는 실행 전반에서 ‘경험을 제공하는 실험 수업’의 중요성을 강조하였다. 이러한 초임교사 A의 인식론적 확신근거는 다른 개념생태 요소들 모두와 지속적으로 관련되며 실행에서 요소들 간의 일관성을 고려하고, 영향을 주는 것으로 보인다.

인식론적 확신근거는 지식이 옳다는 신념을 정당화하는 수단을 제공한다(Park, 1995). ‘경험을 제공하는 실험 수업’은 초임교사 A의 인식론적 확신근거로 다른 개념 생태 요소들과 연관되며 하위요소들을 선택하여 중요성을 부각시키거나 연결이 잘 이루어지지 않는 경우 중요성을 약화시키는 데 근거로 작용하였다. 초임교사 A에게 실험 경험을 제공하는 것(인식론적 확신근거)은 다른 개념 생태 요소들과 충돌을 일으키지 않고 안정적인 위치에 자리할 수 있었다. 경험으로 실험은 과학을 어려워하는 학습자에게(학습자에 대한 사고) 흥미를 유발하여 과학 지식을 습득할 수 있게 해주고(과학 실험 수업에 대한 사고), 가르쳐야하는 내용인 교육과정 안에 포함되어 있었다(교육과정과 내용에 대한 사고). 또한 교사가 적절히 구조화하여 경

험을 제공할 수 있으며(학습 성향) 교사의 실험 수업 수행에 대한 만족감을 가질 수 있게 하였다(자아효능감). 또한 사범대학에서 알게 된 실험교육의 필요성도 충족시켰다(과거 경험).

초임교사 A의 개념 생태 요소와 하위요소에 대한 예시는 표 10에 정리하였다.

표 10. 초임교사 A의 실험 수업 개념 생태

구성요소	하위요소	예시
과학 실험 수업에 대한 사고	지식 구성	처음에 했을 때 저도 잘 안 나오는 거예요. 알고 보니까 한 이십 분 있다가 하면 잘 이동을 하는데 저도 그걸 못 견디는데 ... 수업에 뻔까... 사실 제 성격 같으면 뻔을 텐데 그래도 넣었는데 역시나 애들이 움찔움찔 대고 막 뭐라 하는 것 같은 거예요. 사실 그게 과학인데... 그건 좀 제가 보완을 해야 할 것 같아요.
	지식 습득	애들이 내용은 하나도 기억을 못해도 공부 못하는 애도 나가서 수업했던 거 그런 식으로 기억을 다해요. 그리고 또 예를 들어서 우리 뭐 몇 단위 행성 배웠던 거 있잖아 하면 기억 못해도 우리 스티커 붙였던 거 있잖아 그러면 기억해요. 공부 안했던 애들도.
	조작 경험	예를 들어 수단 3를 학교에서 안보면 사진으로만 보고 평생 볼 일이 없잖아요. 근데 실제로 보는 게 좋다고 생각해요. 저는 그게 학교랑 학원이랑 다른 점이라고 생각했어요. 왜냐면 학원에서는 실험을 하나하나 보여주고 넘어가지 않잖아요.
	과학적 소양	애들이 이거 시험이 끝났는데 놀면 안돼냐 물어볼 때 지금 중학교는 전국 공통과정이다. 그래서 중학교 퇴학도 못시키는데 이걸 전 국민이 다 아는 건데 우리 학교 졸업한 애들만 몰라서 바보되면 어떻게 할래? 그러면 애들도 약간 학원에서 배우잖아요. 그럼 너는 학원 안다니는 애들은 그럼 .. 하하.. 못 배워서 평생 이거 모르고 살아도 되겠냐
	흥미	근데 거기 애들은 먼저 학원에서 선행하고 와도 이거를 보면 실제로 보면 더 신기할 수 있잖아요. 보고 싶은 의욕이 있을 수도 있을 것 같고
학습자에 대한 사고	학습능력	저는 실험은 탐구 자체가 자기가 하고 싶고 알고 싶은 게 있어서 실험을 이용해서 뭔가 밝혀내는 그런 건데 애들은 알고 싶은 게 없잖아요. 그냥 만져보고 재미있다 정도의 수준인 것 같아서
	실험수행 능력	예를 들어서 효모 관찰이면 여기 애들은 효모 그림 그리기 하나만 해도 됐다. 그러면 개들한테는 진자 뭐 화면에 보이는 수를 세게 한다든가 사진을 좀 더 정밀하게 해 볼 것 같아요.
교육과정과 내용에 대한 사고	교육과정	뭔가 딱 수업 짜기 전에 교육과정 확인하고 그거에 안 나오는 거는 좀 많이 가지치기 하거든요.
교수 성향	학생 중심	예를 들어 ‘목성이 기체로 되어 있으면 위에 서있으면 혹 떨어지죠?’ 이런 걸 질문해요. ‘못 서있어’ 하면 ‘만약에 서 있을 수 있다고 하네요.’ (수업 후에) 이런 거 찾아보면 또 있는 거예요. 찾아서 캡쳐해서 (그룹 채팅방에) 올려주고 누가 질문해서 찾아봤다.
	교사 중심	근데 제 수업은 뭔가 생각해보자 이런 게 별로 없어요. 사실...

		(하하하) 그냥 배울 거 최소한으로 해서 외울 거 외우고 실험할 거 실험에서 딱 떨어져요.
자아효능감	과학 지식	그러니까 맨날 할 때 선생님 이거 왜 알아야 해요? 그러면 사실 저도 모를 때가 많거든요.
과거 경험	초·중등	제가 어렸을 때 뭐 생각해보자 하면 뭔가 좀 답답해하고 뭔가.. 딱 안 떨어지면 안 배운 것 같다는 느낌에 뭔가 찝찝했거든요 제가 어렸을 때 과학 탐구반에서 개구리 해부를 한 적이 있거든요? 근데 그게 아직도 기억에 남고...
	사범대학	그때도 생물학 실험을 하는데 사실 알고 보면 중학생 때 배우는 조동나사 미동나사 하고 별거 아닌데, 그때는 막 너무 어려워 보이는 거예요. 그때 엄청 위축되어가지고 스트레스를 엄청 많이 받았었어요.
	교육실습	제가 교생실습 나갔을 때 기술가정 선생님이 저희 담당교사 선생님이셨는데 그 선생님이 피피티를 안 만들고 모든 사진을 구글로 검색해서 보여주시는 거예요. 나중에 말씀 들어보니 수업 전에 다 검색 해 보시는 거예요. 유해 그림이 나오지 않는지. 원하는 그림이 잘 나오는지. 사실 그거 모으는 건 일이 아닌데 애들한테 정보 검색 능력을 이렇게 검색하면 나온다 하는 걸 일부러 그 앞에서 보여주신다는 거예요.
사회·제도 적 측면	제도	필수탐구 실험에 호모 관찰 같은 거 있잖아요. 저희 옆에 선생님은 생물을 제가 가르치고 싶었는데 생물 단원 가르치시면서 호모 관찰 안 하시는 거예요(필순데)
	진학	사실 진짜 과학이랑 같아야하는데 학교에서는 진학해야하고 시험을 봐야 하잖아요. 그러니까 그거에 맞추다보면 문제풀이 식, 개념 아는 게 먼저 중시되는거.
	지역특성	약간 지역 특색이 많이 반영된 것 같아요.
인식론적 확신 근거	경험	사실 저도 달달 외워서 대학 왔지만 생물교육과 와 보니까 현미경 쓰고 뭔가 조작적인 것도 중요하고 그걸 해보는 게 되게 중요한 것 같은 거예요. 그래서 애들한테 경험을 되게 많이 주고 싶었어요.

개념 생태의 각 요소들은 다른 요소와 함께 연관되어 논의되었다. 예비교사 시기에 비하여 초임교사 A의 실험 수업 요소들 사이의 관계는 훨씬 복잡하게 연결되어 나타났다. 이를 통해 각각의 요소가 밀접하게 관련을 가지며 실험 수업을 구성해 나간다는 것을 알 수 있다. 초임교사 A의 개념 생태 요소들은 인식론적 확신근거를 기반으로 모두 연결되어 있었다. 초임교사 A의 실험 수업에 대한 개념 생태 요소와 요소들 간의 연결은 그림 6에 제시하였다. 초임교사 시기에 나타난 개념 생태 요소와 하위요소는 연한 배경의 둥근 사각형으로, 요소들 사이의 연관은 실선으로 나타냈다. 인식론적 확신근거는 초임교사 A의 개념 생태 핵심요소로, 이 또한 다른 모든 요소들과 함께 연결되었다.

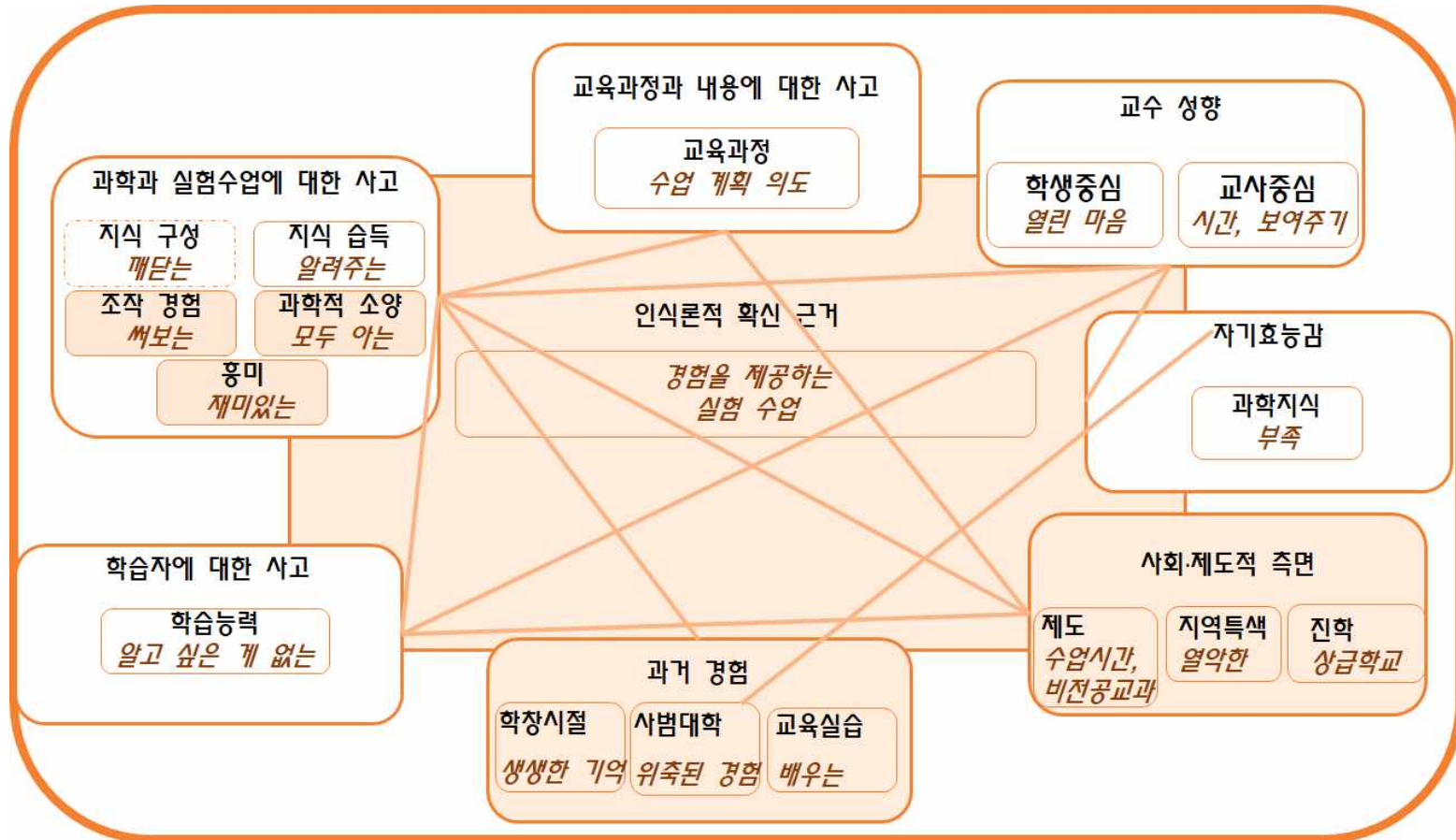


그림 6. 초임교사 A의 실험 수업 개념 생태

- 등근 사각형 : 실험수업에 대한 개념생태와 하위 요소,      기울임체: 하위 요소에 대한 교사의 생각  
테두리가 점선인 등근 사각형 : 실행에 잘 드러나지 않은 요소,      — 연결선: 연관되어 나타난 요소  
그림자가 있는 등근 사각형 : 초임교사 시기에 등장한 요소



## 5.2. 교사 B의 실험 수업 사례

교사 B는 예비교사 시기 실험 수업에 매우 적극적으로 참여하였으며, 모둠 내에서 주도적으로 상호작용을 이끌어 학생들과 함께 실험 수업을 구성했다. 또한 교직 입문 후 과학중점학교에서 생명과학탐구실험 과목을 담당하여 다양한 실험 수업을 학생들에게 제공하였다. 본 절에서는 교사 B의 실험 수업에서 나타나는 언어적 상호작용과 시기 별 개념 생태를 분석하여 제시하였다.

### 5.2.1. 교사 B의 실험 수업 상호작용 변화

실험 수업 시 교사 B의 담화를 분석하고 이를 통해 ‘국면의 통합, 탐구적 질문과 자연 피드백의 증가, 다양한 상호작용 개시’ 등 실험 수업 상호작용의 변화를 도출하였다. 이에 세 가지 변화에 해당하는 구체적인 사례를 각각 제시하였다.

#### 국면의 변화: 통합된 실험 국면

교사 B의 실험 수업에서 나타난 특징적 변화는 예비교사 시기에 이론 국면과 실험 국면이 분리되어 나타났지만, 초임교사 시기에는 실험 국면으로 통합되어 나타났다. 이는 다음과 같다.

예비교사 B의 실험 수업에서는 국면 별로 언어적 상호작용의 특징이 구분되어 국면 분리가 뚜렷하게 나타났다. 이론 국면은 학생들의 생각을 탐색하고 수용하는 길이가 긴 상호작용으로, 실험 국면은 절차 안내와 지시를 중심으로 하는 짧은 상호작용으로 이루어져 있었다. 또한 이론 국면에서 하나의 에피소드가 예비교사와 학생, 상호적으로 길게 이어졌으며 이는 실험 국면과는 두드러지게 차이가 있었다. 예비교사 B는 활동지에 제시된 질문에 대하여 학생들이 의견을 제시하게 하고, 생각하도록 유도하며, 다양한 의견을 수용하는 방식으로 상호작용하였다.

[에피소드 7]은 이론 국면에서 예비교사 B와 학생들 사이의 상호작용을 보여준다.

#### [에피소드 7] 예비교사 B의 이론 국면 상호작용 사례

- 1 학생1: (시금치를 들고) 예는 왜 노란색일까?
- 2 예비교사 B: 예는 왜 노란색일까?
- 3 학생2: 애가 이 느낌이에요?

- 4 예비교사C: 여기랑 즐기는 색이 좀 다르잖아.
- 5 예비교사 B: 처음에는 이렇게 노랗. 처음 날 때는 좀 더 색이 연했다가 점점 나면서 진해지잖아.
- 6 예비교사C: 맞아. 밑에 노란색, 핑크색.
- 7 학생3: 뿌린 핑크색이야.
- 8 학생1: 아, 그래? 핑크색이야?
- 9 학생3: 뿌리는 핑크색이고.
- 10 예비교사C: 왜 앞만 저렇게 진한 녹색을 띄고 있을까?
- 11 학생2: 여긴 그냥 진한 건가? 보라색이.
- 12 예비교사C: 색소가 지나가서 여기서 상이 있지.
- 13 예비교사 B: 색소가 앞으로 가야 하는데, 줄기를 지나면서 흔적을 남기고.
- 14 예비교사C: 흔적을 남기는... 진짜 그럴 수도 있고. 그렇게 가설을 써도 돼.
- 15 학생1: 앞만 진한 초록색이잖아. 그러니까 앞이 뭔가 다른. 다른 것보다 앞이 조금 더 중요한 역할을 해야 하는데, 그것 때문에 진하지 않을까?
- 16 예비교사C: 그지.
- 17 예비교사 B: 중요한 역할이 뭘까?
- 18 학생들: 광합성.
- 19 예비교사 B: 여러 가지 써도 돼.
- 20 학생1: 도움이 되겠지. 그러지 않을까? 아무 이유 없이 녹색이면 이상하잖아.
- 21 학생3: 앞에 색소 성분을 가진 세포가 있어서 빛을 받으면.
- 22 예비교사 C: 충분히 가능성이 있어.
- 23 학생1: 아, 시들면 초록색을 잃지? 시들면, 그럼 지 기능을 안 하게 되면 애가 초록색이 없어지고, 초록색이 중요한 기능을 하는 뭔가 있어야 돼.

#### 2013. 4. 잎의 색소분리 B#5

분별갈때기로 잎의 색소를 분리하기 전, 시금치 잎이 초록색인 이유에 대해 가설을 세우는 모둠별 논의의 과정이다. 예비교사 A는 담화에 참여하며 힌트를 제시하거나(에피소드 7, 13행) 의견을 표현하도록 독려했다(에피소드 7, 19행), 학생이 질문을 시작하는 경우에도(에피소드 7, 밑줄, 1행, 15행) 정답을 예비교사가 알려주기보다 학생의 발언을 반복해서 재질문하며 학생의 생각을 표현하기를 요구하였다(에피소드 7, 밑줄, 2행, 17행). 이러한 예비교사 B의 담화 방식은 학생들 사이의 대화가 이루어지게 하였으며(에피소드 7, 7-9행, 20-23행) 상호작용의 길이도 길게 나타났다.

예비교사 B의 실험 국면에서는 학생들의 실험 활동에 필요한 안내 제공하고 지시하는 담화를 중심으로 상호작용이 이루어졌다. 대부분의 상호작용 길이는 짧은 편이었다. 실험 국면에서 드물게 등장하는 긴 상호작용은, 특정 과학 지식을 설명할

때(예: 극성), 나타났다. [에피소드 8]은 실험 국면의 대표적인 상호작용 예시를 보여준다.

#### [에피소드 8] 예비교사 B의 실험 국면 상호작용 사례

- 1     **예비교사 B:** 이제 다음 단계가 뭐야?
- 2     **학생1:** 여과, 여과
- 3     **예비교사 B:** (활동지를 읽으며) 거름종이에 걸러서 여과액을 얻는다. 여과액이 무슨 뜻이야?
- 4     **학생1:** 여과액
- 5     **예비교사 B:** 걸러서 나왔지? 여과액

2013. 4. 앞의 색소분리 B#16

예비교사 B는 실험 절차에 관련된 발화를 제시하고(에피소드 8, 1행, 3행, 5행), 학생들은 기억을 떠올려 짧게 대답하였다(에피소드 8, 2행, 4행).

초임교사 B의 실험 수업은 블록타임제로 2교시 연강으로(쉬는 시간 포함 110분) 길게 운영되었다. 또한 실험과 관련된 과학 내용은 이전 차시에 교실에서 수업이 진행되었다. 따라서 교사 B의 실험 수업은 예비교사 시기 진행했던 실험 수업과 비슷한 시간동안 진행되었다. 초임교사 B는 수업 시작 시 10분 내외의 짧은 시간동안 오늘 실험으로 할 일과 방법을 설명하여 블록타임의 대부분은(약 100분) 실험 국면으로 이루어졌다. 이러한 실험 수업의 구성은 이론 국면과 실험 국면이 통합되어 실험 국면에서도 긴 길이의 다양한 질문과 응답이 나타나는 등, 예비교사 시기의 실험 국면 상호작용과는 다르게 나타났다.

[에피소드 9]는 농도에 따른 세포 관찰 실험에서 저농도에 담갔던 혈구가 관찰되지 않아 학생들이 교사 B에게 질문을 하는 상황이다.

#### [에피소드 9] 초임교사 B의 실험 국면 상호작용 사례

- 1     **학생1:** 근데요 봤어요?
- 2     **교사 B:** 아니! (웃으며) 애들아 그럼 왜 안보였을까 애들아? 왜왜?
- 3     **학생2:** 산소가 없어서?
- 4     **교사 B:** 산소가 없어서? 왜 판 애들은 있잖아. 증류수는 저장액이야 등장액이야?
- 5     **학생들:** 저장액. 희석된 거 아니야?
- 6     **교사 B:** 물이 어디서 어디로 이동해야 해?

- 7 학생3: 저 잘 몰라요.  
 학생2: 고농도에서 저농도로, 아니 저농도에서 고농도가?  
 8 교사 B: 그러면 어디가 저고 어디가 고야?  
 9 학생1: 혈액이 고고 증류수가 저요  
 10 교사 B: 그러면 증류수에서 어디로 이동할까 물이? (학생들 침묵) 적혈구 안으로 이동하겠네? 그러면?  
 11 학생3: 투명해져서 안 보이는 거 아니에요?  
 12 교사 B: 아니지~ 생각해 봐 좀만 더 생각해봐. 안으로 물이 막 들어오고 있어  
 13 학생들: 부풀어요 / 터졌어요  
 14 교사 B: 어어. 터져.  
 15 학생들: 터진 거예요? / 왜 터져요? / 터지기 전에는 못 봐요?  
 16 교사 B: 하하. 방금 얘기 했잖아.  
 17 학생2: 터지기 전에는 못 봐요?  
 18 교사 B: 터지기 전에는 볼 수 있는데 그래서 바로 보라 그랬잖아.

#### 2018. 4. 농도에 따른 세포 관찰 B#87

초임교사 B는 학생의 질문에 설명이나 답을 즉시 제공하지 않고, 혈구가 보이지 않는 이유에 대하여 학생들이 생각하고 표현하는 것을 요구하였다(에피소드 9, 2행, 4행, 12행). 학생의 질문을 반복하거나(에피소드 9, 4행) 학생들이 사고를 확장하기 어려워 할 때에는 도움을 제공(에피소드 9행, 4행, 6행, 8행, 10행, 12행)하여 학생 스스로 이유에 대해 의미를 구성할 수 있는 기회를 제공하였다. 이에 따라 학생들은 자유롭게 생각을 표현하였다(에피소드 9, 3행, 5행, 11행, 13행, 15행).

그림 7은 교사 B의 실험 수업 국면별로 나타난 상호작용 길이를 보여준다. 가로축은 시간의 흐름에 따라 나타난 실험 수업의 국면을, 세로축은 상호작용의 길이를 나타낸다. 예비교사 B의 실험 수업은 분리된 국면에서 이론 국면일 경우 긴 상호작용이, 실험 국면에서 짧은 상호작용이 주로 나타났다면, 초임교사 B의 실험 수업에서는 실험 국면에서 길고 짧은 상호작용이 혼합되어 나타나는 것을 볼 수 있었다.

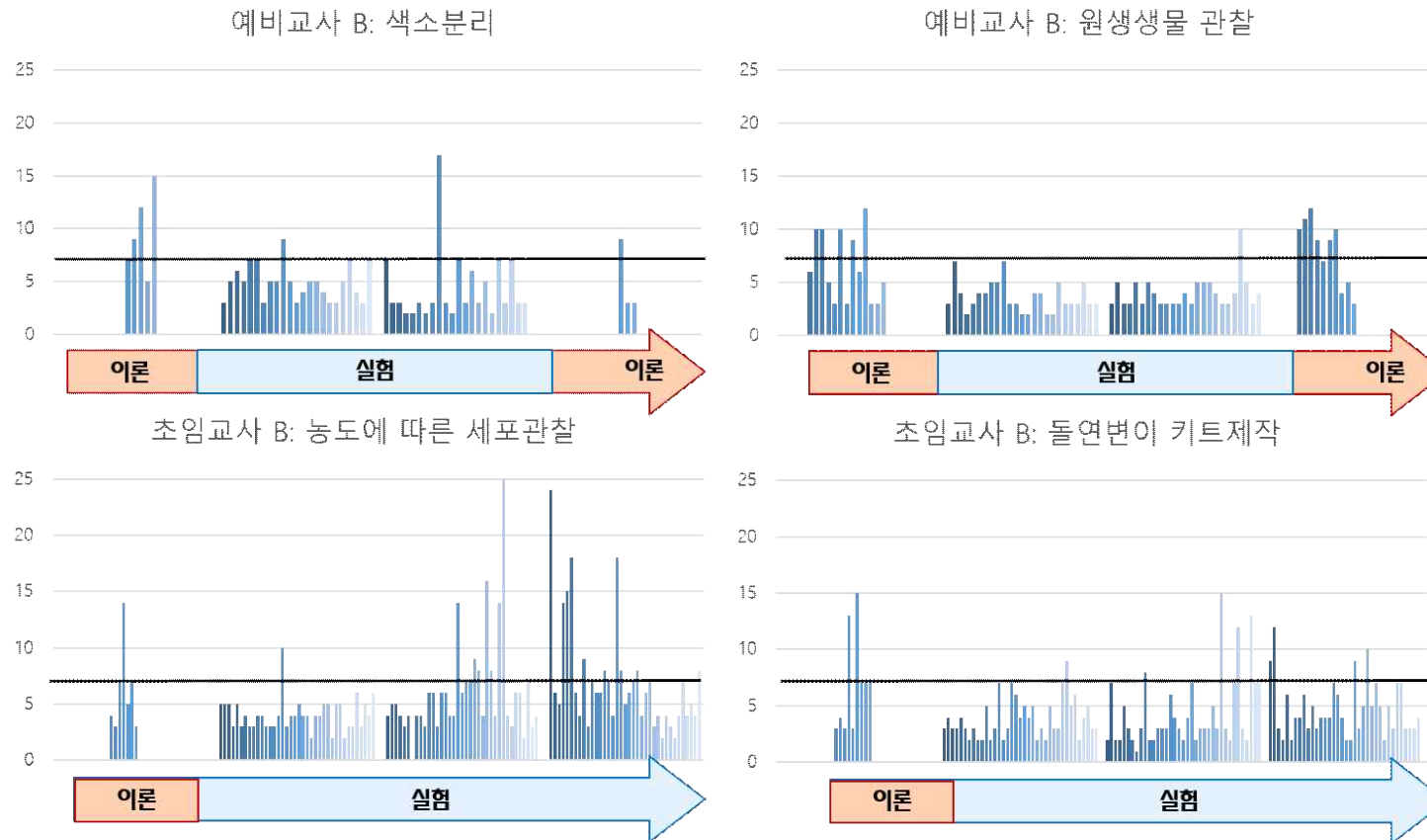


그림 7 교사 B의 실험수업 국면 별 상호작용의 수와 길이

## 탐구적 질문과 지연 피드백의 증가

예비교사 B의 실험 수업 중 이론 국면에서는 학생의 관점을 수용하는 대화적 담화가 많이 나타난 반면, 실험 국면에서는 권위적 담화만 나타났다. 초임교사 B의 실험 국면 역시 권위적 담화 중심으로 이루어졌다. 그러나 일부 실험 수업의 실험 국면에서는 대화적 담화가 나타나기도 하였다.

예비교사 B의 실험 수업 중 실험 국면에서 나타난 상호작용은 모두 권위적 양상으로 나타났다. 주로 정해진 실험 절차에 대해 예비교사가 질문을 제시하고, 학생은 짧고 간단하게 대답하는 형식으로 나타났으며, 피드백은 즉각적으로 이루어졌다. [에피소드 10]은 실험 국면에서 빈번하게 나타나는 상호작용 예로 현미경 조작 방법을 확인하는 내용이다.

### [에피소드 10] 예비교사 B의 실험 국면의 상호작용 사례

- 1        예비교사 B: 내가 아까 언제 잘 보인다고 그랬어? (침묵) 빛의 양을?
- 2        학생1: 아 맞다. 여기였지.
- 3        예비교사 B: 어떻게?
- 4        학생1: 구멍을 조그맣게 만들어요.
- 5        예비교사 B: 그거로 조절해 봐.

(2013. 7. 원생생물의 관찰 실험) B#21

교사의 확인 질문(에피소드 10, 1행, 3행)과 학생의 짧은 답변(에피소드 10, 2행, 4행)과 교사의 즉각적 피드백(에피소드 10, 5행)으로 구성되었다.

반면 초임교사 B의 실험 국면에서는 예비교사 시기에 비해 탐구적 질문이 제시되는 상호작용이 자주 나타났다. 실험의 후반부로 갈수록 이러한 경향은 강화되었는데, 이는 실험 초기에는 실험목적과 절차, 재료를 확인하는 절차적 담화들을 중심으로 상호작용이 이루어지고, 후반부에는 학생들이 결과를 해석하고 이론과 실험을 연결하는 시도가 증가하기 때문이다. 특히 학생의 질문에 대해 교사가 즉각적으로 피드백을 제시하지 않고, 학생의 사고를 요하는 발화를 통해 지연피드백을 제시하였다. 이와 같은 교사의 판단중지와 기다림을 통해 교사는 학생들에게 자신의 생각을 표현할 수 있고 동료 학습자와 의견을 교환할 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

[에피소드 11]은 학생이 관찰하는 내용 확인을 위해 교사 B에게 도움을 요청한 경우이다.

**[에피소드 11] 초임교사 B의 실험 수업 상호작용 예시**

- 1 학생5: 샘 여기 렌즈에 (적혈구가) 있는 거예요?
- 2 교사 B: 봤어? 여기 봤을 때 보였어?
- 3 학생5: 아까 봤을 것 같은데. 안에 있을 텐데
- 4 교사 B: 응. 왜 안보일까
- 5 학생5: 터진 건가?
- 6 교사 B: 왜 터졌을 거라 생각해?
- 7 학생들: 물이 너무 많아서. / 아니지 물이 너무 많이 들어가 가지고  
/ 아 그렇긴 하네. / 견디질 못해가지고 탁 터진 거지.

2018. 4. 농도에 따른 세포 관찰 B#97

직전에 관찰했던 혈구가 보이지 않자 학생은 교사에게 확인을 요청하였다. 그러나 교사는 그에 대한 즉각적인 답변을 제시하지 않고, 학생이 스스로 그 이유에 대해 생각해보도록 질문(에피소드 11, 2행, 4행, 6행)을 던졌다. 그 결과, 학생들 간 의견 교환이 활발하게 일어났다(에피소드 11, 7행).

초임교사 B의 실험 국면에서는 교사가 학생에게 자신만의 관점을 가질 것을 요구하고, 학생의 관점을 수용하는 대화적인 양상도 볼 수 있었다. 또한 초임교사 B는 학생이 자신의 생각을 표현했을 때 적극적으로 반응하여 학생의 참여를 독려했다. [에피소드 12]는 돌연변이 초과리를 관찰할 때, 무엇을 어떻게 관찰할지 교사가 기준을 제시해주기를 요구하는 학생의 질문에서 시작되었다(1행). 이에 초임교사 B는 기준을 제시하는 대신, 학생 스스로 관찰 기준을 마련해 볼 것을 제안하였다(4, 6행).

**[에피소드 12] 초임교사 B의 실험 국면 예시: 대화적 상호작용**

- 1 학생2: 샘. 여기서 뭘 관찰해요?
- 2 교사 B: 뭘?
- 3 학생2: 관찰
- 4 교사 B: 뭘 관찰해야 되는지를 내가 미리 안 알려주는 거는... 그러니까 야생형하고 애랑 애를 비교했을 때는 뭐가 다를까를 보는 거야.
- 5 학생2: 관찰이 돼요?
- 6 교사 B: 어. 각자들 관찰이 돼. 그럼 더 자유롭게 이렇게 해서 볼 수 있어.
- 7 학생2: B좀 주세요. (교사가 넘겨줌)

2018. 10. 돌연변이 키트 제작 B#36

그림 8은 교사 B의 수업 국면에 따른 상호작용 경향과 질문의 양상을 보여준다. 예비교사 시기 실험 국면에서는 주로 권위적이고 전통적인 경향의 담화와 질문이 나타났다. 반면에 초임교사 시기에는 실험 국면의 후반부로 갈수록 탐구적 상호작용의 비율이 증가하였고, 일부 실험 수업에서는 대화적 · 탐구적 상호작용도 나타났다.



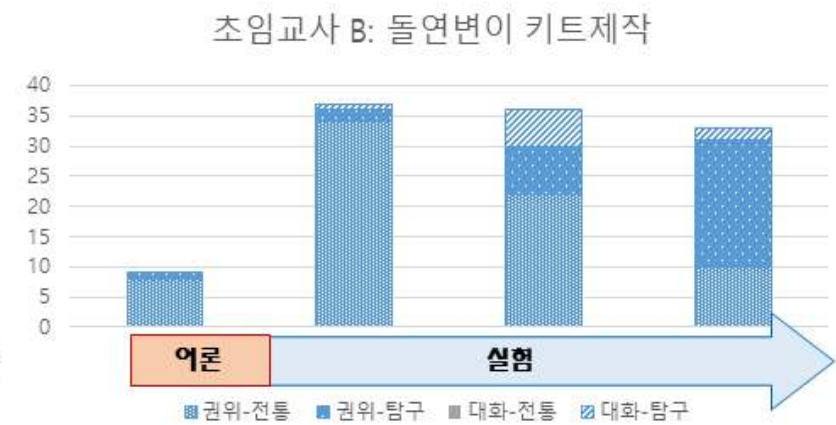
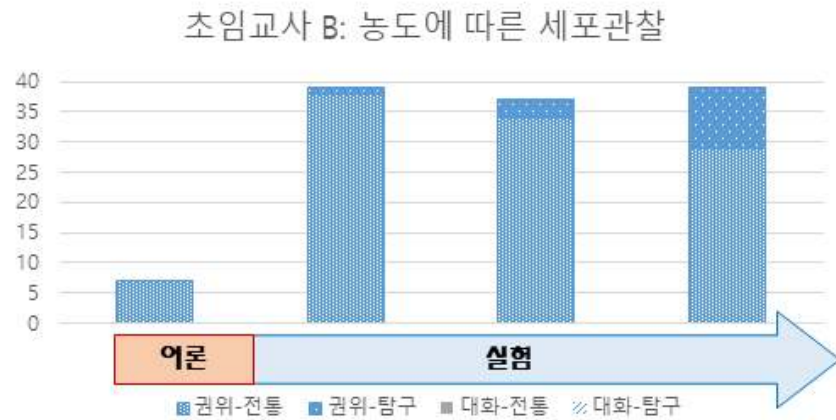
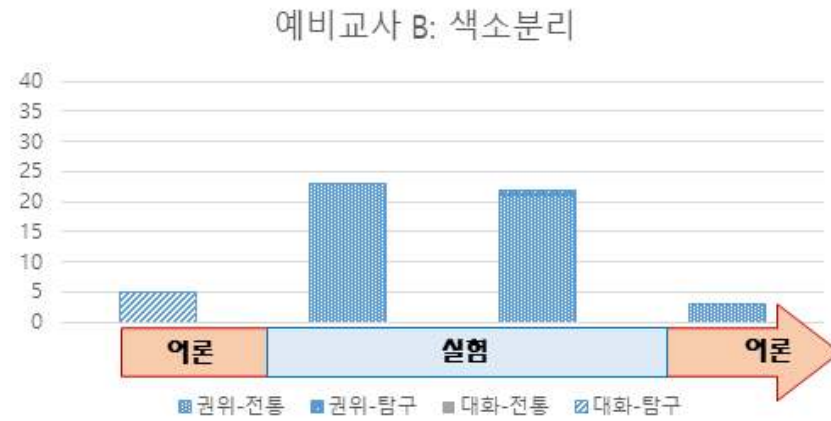


그림 8. 교사 B의 상호작용 경향

## 학생의 다양한 상호작용 개시

초임교사 B의 실험 수업에서 예비교사 시기의 실험 수업에 비해 학생들의 다양한 질문이 두드러지게 증가하였다. 예비교사 B는 실험 수업 시 학생들의 질문에 대해 즉각적으로 답을 제시하였다. 그러나 초임교사 시기의 실험 수업에서는 학생들이 질문에 대한 답을 스스로 찾을 수 있도록 도움을 제공하는 모습을 보였다. 학생들은 매우 적극적으로 교사에게 질문하고 피드백을 요청하였으며, 개별적인 속도로 실험활동을 진행하였다. 이러한 허용적분위기가 학생들의 발화를 촉진하여, 실험 국면에서 교사보다 학생들의 상호작용 개시가 두드러지게 나타나는 결과를 가져왔다고 볼 수 있다.

예비교사 B의 실험 수업에서 학생들의 질문으로 상호작용이 시작되는 경우, 학생들의 질문은 주로 실험 절차에 관한 내용이었다. 다음은 학생들이 상호작용을 개시한 질문들의 예이다. 대부분 실험 절차와 결과 확인에 관한 내용으로 이루어져 있었다.

### [에피소드 13] 예비교사 B의 실험 수업에서 학생들의 시작 질문

#44 학생1: 물을 얼마큼 넣어요? (실험 절차)

#46 학생2: 여기다 에테르를 넣어? (실험 절차)

2013. 4. 색소분리

#19 학생1: 한 방울이요? (실험 절차)

#22 학생2: 이렇게 해요? (실험 절차)

#24 근데 뭐가 유글레나야? (결과 확인)

2013. 7. 농도에 따른 세포 관찰

예비교사 B의 실험 국면에서 매우 드물게 학생이 탐구적 질문을 제시하며 상호작용이 시작된 경우가 있었다(에피소드 14). 이 때 상호작용은 대화적이고 탐구적으로 진행되지 못하고, 교사가 직접 설명을 제시하며 권위적인 상호작용으로 종료되었다.

### [에피소드 14] 예비교사 B의 실험 수업에서 학생의 시작 질문 사례

1 학생1: 근데 왜 에테르를 안 넣고 메탄올을 넣어요?

2 예비교사C: 그지? 왜 그랬을까?

3 학생1: 석유 에테르를 넣어서. 에테르는 여기 있는데. 에테르는 극성이기 때문에...  
함쳐지지 않을까요?

4 예비교사 A: 메탄올은 극성인데, 이게 극성이잖아. 에테르가 극성이겠네?

5 학생1: 근데 왜 처음부터 에테르를 안 써요? 메탄올을 넣었어요?

6 예비교사 A: 음... 굳이 메탄올을 계속 써도 되는데, 굳이 에테르로 옮길까?

7 예비교사C: 근데 우리가 실험한 과정이 조금 다른 물질 좀 더 들어가 있지?

8 예비교사 A: 완벽하게 이것만 있지 않지? (네) 이 에테르에 B형이 들어가 있지?  
그래서 에테르에서 바꿔 준거지.

#### 2013. 4. 앞의 색소분리 B#43

[에피소드14]에서 학생은 색소 분리에 사용하는 용액을 비교하며 용도에 대하여 질문하였고(에피소드 14, 1행) 예비교사 C는 즉각적인 답변을 제시하기보다 재질문하여 지연피드백을 제시하였다(에피소드 14, 2행). 이에 따라 학생은 에테르와 메탄올 모두가 극성임을 고려하여 구체적 답변을 제시하였고(에피소드 14, 3행) 상호작용이 이어지며(에피소드 14, 4-6행) 학생의 사고를 촉진하는 듯이 보였다. 그러나 후반부에 예비교사들은 학생이 생각해 볼 수 있는 질문에 대한 답변을 기다리는 대신(지연 피드백), 직접 설명(즉각 피드백)을 구성하여 제시하였다(에피소드 14, 7-8행). 예비교사 B가 학생의 질문에 대해 반복하여 재질문하였으나(에피소드 14, 6행), 그에 대한 학생의 생각이 나타나기 전에 예비교사들의 답변이 제시되었다(에피소드 14, 8행). 이는 학생이 스스로 생각을 구성해보는 기회를 제공하기 위해 제시된 피드백이 아니라, 문제에 대한 설명을 제시하기 위해 자신의 생각을 구체화 하는 용도로 사용된 것으로 보인다.

초임교사 B의 실험 수업에서는 학생들의 질문을 통한 상호작용의 개시가 급격하게 증가하였는데, 실험 절차와 결과 확인 뿐 아니라 결과의 해석, 관련된 과학 지식 등 다양한 방면의 질문들이 나타났다.

#### [에피소드15] 초임교사B의 실험 수업에 나타난 다양한 학생의 개시 질문

- #48 학생8: 근데 (루베를 만지며) 이거 어떻게 초점을 맞춰요? (실험 절차)
- #85 학생1: 이거 마지막 건 진짜 모르겠어요. 화이트, sn. 이건 작은 거 같고, m. 마지막에 이거 뭘까요? (결과 확인)
- #93 학생4: 유전문제에 나오는 흰 눈이에요? 유전문제 나오는 거 아니에요? (과학 지식)
- #95 학생9: 미교배 암컷이랑 수컷 뽑아내고 ... 교배를 시키고 막대 눈 뭐냐 수컷은요 빨간 눈 초파리 미교배 암컷이랑 흰 눈 초파리 미교배 암컷이랑 교배를 해서 나오는 자손을 짝 적어야 해요? (해석)
- #115 학생2: 초파리를 왜 연구에 많이 써요? (관련 과학 지식)

2018. 10. 돌연변이 키트 제작

학생의 다양한 질문에 대해 초임교사 B는 학생이 자신의 생각을 표현하도록 독려하거나 힌트를 제공하는 등 학생의 사고를 촉진하는 반응을 보였다. 또한 이어지는 학생들의 의견에는 판단을 유보하였다. 초임교사 B는 능숙하게 학생들의 사고를 요구하였고, 이러한 과정은 실험에서 지식을 구성하게 하는 것으로 보인다.

그림 9는 교사 B의 실험 수업에서 시작 주체에 따른 상호작용의 수를 보여준다. 초임교사 B의 실험 국면에서는 교사의 질문보다 학생의 다양한 질문으로 상호작용이 시작되는 경우가 더 자주 등장하였다.

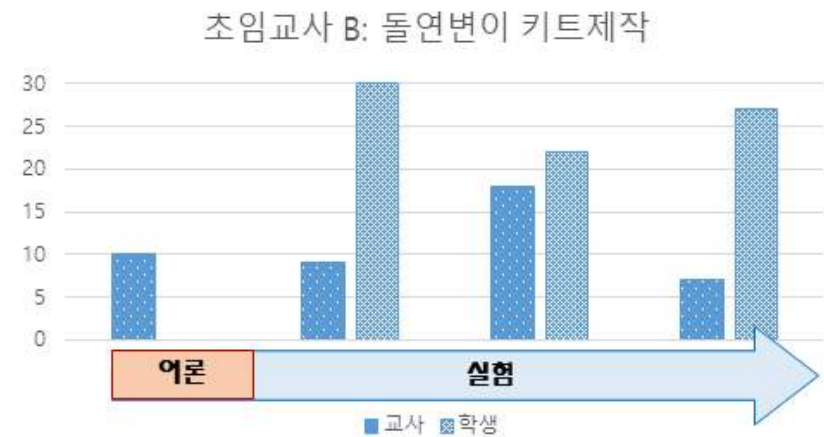
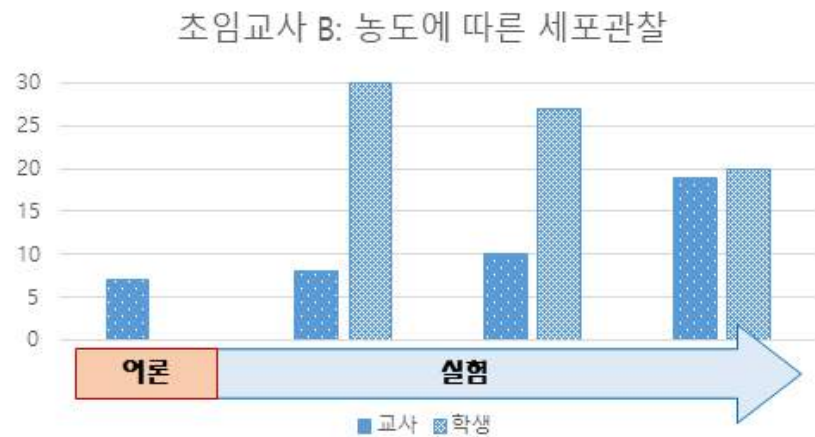
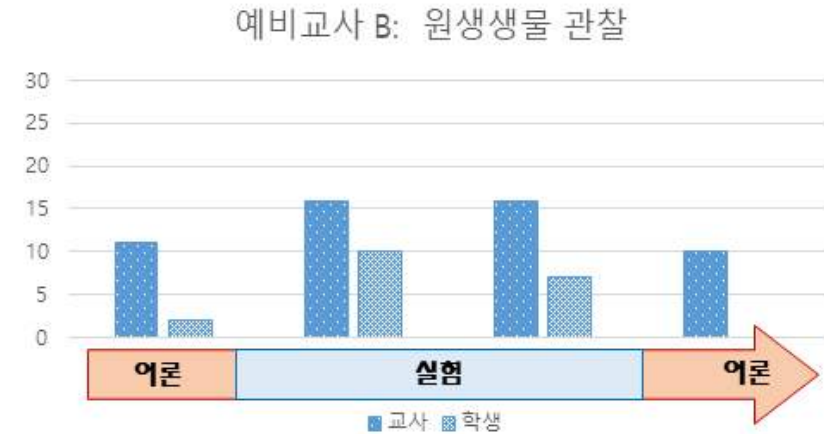


그림 9. 교사 B의 실험 수업 상호작용 시작 주체

### 5.2.2. 예비교사 B의 실험 수업 개념 생태

예비교사 B의 실험 수업 개념 생태에는 과학 실험 수업에 대한 사고, 학습자에 대한 사고, 교육과정과 내용에 대한 사고, 교수 성향, 자아효능감, 사회제도적 측면의 요소들이 나타났다.

#### **과학 실험 수업에 대한 사고: 스스로 해보는**

예비교사 B의 과학 실험 수업에 대한 사고는 지식 구성과 지식 습득 두 가지 하위 요소가 공존하고 있었으며 교수 성향, 학습자에 대한 사고와 강하게 연관되어 나타났다. 또한 교육과정과 내용에 대한 사고나 자기효능감과 연결되기도 하였다.

예비교사 B는 실험 수업은 학생들이 스스로 참여하여 지식을 구성하는 과정으로 여기고 있었으며, 이를 통해 학생들이 개개인은 서로 다르게 지식을 구성할 수 있다고 생각했다. 실험 수업 과정에서 서로의 생각을 비교하고 논의하는 것 자체를 유의미한 과정으로 여겨, 이에 대한 구체적인 교수방법을 제안하기도 하였다. 다음은 단백질의 구조에 대한 실험 수업 평가회에서 학생들의 활동을 돌아보는 예비교사 B의 발언이다.

왜 그런 생각을 했다면...(중략)... 뭔가 한 번에 구조를 눈으로 보고 생각을 해보고 만들고 이런 과정이 필요한데 이게 안 되고 전체를 안보고 부분만 보는 느낌이 들었고요, 아까 얘기했던 그 유일한 구조 나오는 그 부분 그것도 만약 똑같은 세트에 연결을 하고 서로 안 보게 하고 만들게 했으면 다른 게 나올 수 있지 않았을까 그것도 서로 비교해 보고 어떤 게 적당한 가 생각해 볼 수도 있을 거 같아서 그런 식으로 하는 게 더 좋지 않았을까 생각했어요.

(2013. 10. ‘단백질의 기능’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 B는 모형으로 단백질의 구조를 만들어보는 실험활동을 통해 학생들이 제시된 예를 보고 스스로 단백질의 구조에 대한 모형을 수정하는 과정을 겪으며, 단백질의 3차, 4차 구조의 필요성을 스스로 찾아보게 하는 것이 필요하다고 생각하고 있었다(과학 실험 수업에 대한 사고: 지식 구성). 그러나 학생들의 활동은 만족스럽지 못하였고 그 이유를 획일적인 모형 만들기 때문이라고 생각하였다.

정해진 실험 수업 시간 동안 많은 지식을 습득하는 것에 대한 긍정적 사고가 나타나기도 했지만, 이런 경우, 학생 스스로 실험에 주도권을 가지지 못했던 점을 아

쉬워하는 발언이 뒤따랐다. 아래의 예는 태아돼지해부 실험 후 평가회에서 예비교사 B의 발언이다.

**그래도 이번에 (교사 중심으로 교수 실행이) 바뀐 게 그건 좋았던 거 같아요. 약간은 불분명하게 어느 정도 통제가 됐잖아요. 확실히 빨리 끝나기는 한 거 같아요. 주어진 시간 내에 많은 걸 본 것 같아요.**

(2013. 7. ‘돼지해부1’ 실험수업 후 평가회)

2013년도 돼지해부 실험 수업은 2012년도에 이루어진 실험 수업과는 다르게 예비교사들이 학생들에게 해부 방법에 대해 알려주고 지시하며 활동을 진행하였다. 예비교사 B는 학생 스스로가 다양한 방법으로 시도해보지 못한 점에 대해 아쉬움을 표현했지만(과학 실험 수업에 대한 사고: 지식 습득), 한편으로는 활동을 구조화하고 지시하는 교사중심적인 실험 수업이 시간을 통제할 수 있게 하여 보다 많은 지식을 습득하는 데 도움이 된 점을 인정하였다(교수 성향: 교사 중심).

#### **학습자에 대한 사고: 과학 학습과 실험 수행을 할 수 있는 학생들**

예비교사 B는 학생들 사이의 개인차가 있지만 기본적으로 학생들은 과학을 학습할 수 있는 능력과 실험을 수행할 수 있는 능력을 갖추고 있다고 보았다. 따라서 학생의 사고를 기반으로 하는 교수 방법을 통해 수업을 진행하는 것이 과학 학습에 도움이 될 것이라고 생각하였다. 예비교사 B의 학습자에 대한 사고는 교수 성향과 연결되어 나타났다. 다음의 예는 예비교사 B의 학습자에 대한 사고를 보여준다.

**그리고 생각보다 사전 지식이 정말 차이가 컸어요. 위가 흉강에 있을 것 같다는 애들도 있었고, 제대로 막 심이지장이 어디 붙어있는지도 정확히 아는 애들도 있었고 그래서, 그거는 애들끼리 토론하면서 고쳐나가는 건 좋은 것 같아요.**

(2013. 7. ‘돼지해부1’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 B는 학생들이 서로 다른 사전지식을 가지고 있더라도, 실험활동을 하며 생각을 공유하고 적합한 지식을 구성해 나갈 수 있는 능력을 가지고 있다고 생각하였다(학습자에 대한 사고: 학습 능력 있는).

#### **교육과정과 내용에 대한 사고: 교사의 역할을 제안하는 ‘멘토의 역할’**

예비교사 B는 실험 수업에 대한 교사용 자료집 역할을 하는 ‘멘토의 역할’은 예비

교사들의 실험 수업 수행에 대한 어려움을 줄이기 위해 만들어진 것이라고 생각하고 있었다. 따라서 학생들에게 지도해야 할 사항과 교사의 역할을 자세히 설명하는 것이 필요하다고 생각하고 있었다. 또한 수업의 경험을 기록하여 보관하는 것은 다음 해에 있을 실험 수업에 도움이 될 것이라 여겼고, 이것을 통해 예비교사들이 부족한 실제 수업 경험에 대한 조언을 얻을 수 있을 것이라고 생각하기도 하였다. 그렇기 때문에 지속적으로 ‘멘토의 역할’을 보완하고 수정해야 한다고 주장하였다. 다음은 예비교사들에게 제공되는 ‘멘토의 역할’에 대해 예비교사 B가 언급한 내용이다.

**원래 다 원래 ‘멘토 역할’ 이 (학생들에게 어떻게 가르쳐야 할 지 제시하기 위한) 그런 거 때문에 처음에 만들어진 거잖아요 그런데 그런 세세한 역할이 안 들어가는 느낌이 너무 많았어요. 제 개인적인 느낌일지는 모르겠지만. ‘멘토 역할’ 을 봐도 마치...**

(2013. 4. ‘색소 분리’ 실험수업 후 평가회)

‘멘토의 역할’이 실험 수업에 대한 지도 내용을 예비교사들에게 제시할 목적으로 제작되었음을 언급하며, 원래 목적이 충실하게 반영되기를 요구하였다.

#### **교수 성향: 시간을 제공하는 학생 중심적 교수**

예비교사 B는 학생 중심적 교수 성향을 가지고 있었다. 교수 성향은 과학 실험 수업, 학습자, 교육과정과 내용에 대한 사고와 함께 연관되어 나타났다.

예비교사 B는 학생의 생각을 드러내고, 학생이 스스로 실험 방법을 계획하고 시도하며, 학생들끼리 토론할 수 있는 교수 방법을 선호하였다. 따라서 예비교사들은 학생들을 기다려주고, 적절한 질문을 제시하여 학생들의 생각이 표현되도록 도와주는 역할을 해야 한다고 여겼다. 그러나 실제 예비교사 B의 실험 수업은 교사 중심으로 진행 되는 경우가 많았고, 그러한 실행에 대해 아쉬워하며 반성하는 모습을 보였다. 다음은 유전자 조작으로 만들어진 생물들과 그 활용에 대한 질문에 황금쌀, 포마토, 백신 등 학생들이 다양한 의견을 표현하는 상황에 대한 예비교사 B의 발언이다.

**(생각을 해보는 데) 충분한 시간을 줬기 때문에 (학생들의 말이) 터졌던 것 같아요.**

(2013. 8. ‘원생생물 관찰’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 B는 학생들이 생각을 표현할 수 있도록 돕는 주요 요인으로 예비 교사들의 기다림을 꼽고 있다(교수 성향: 학생 중심).

예비교사 B의 발언을 통해 그의 교사 중심의 교수 성향과 지식 습득으로 실험 수



업에 대한 사고가 연결되어 있으며, 학생 중심의 교수 성향과 지식 구성으로 실험 수업에 대한 사고가 연결되어 드러남을 확인할 수 있었다. 예비교사 B는 실험 수업 상황에서 어떠한 교수 방법을 선택해야 하는지 갈등을 가지고 있었다. 아래의 내용은 실험 수업에서 교사가 어떤 역할을 해야 하는가에 대해 예비교사 B가 가지는 갈등을 보여준다.

그런데 그, 확실히 멘토들이 하면 많이 알아갈 수는 있기는 한데 학생들이 직접 하면 어디를 잘  
라야하는지 모르다가 막으로 연결 되어 있구나. 막을 살짝 메스로 해주면 잘 분리가 되는구나 이런  
거를 애들이 스스로 얻어갈 수 있잖아요. 확실히. 직접하면... 근데 진짜 이걸 딜레마인데. 뭔가 적절  
히 할 수가 없나...

(2013. 7. ‘돼지 해부1’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 B는 태아돼지해부 실험 수업 후 이루어진 평가회에서 해부 방법에 대해 교사가 제시하는 것(교수 성향: 교사 중심)과 학생이 스스로 터득하는 것이 차이가 있음(교수 성향: 학생 중심)을 느끼고 있음을 토로하였다. 그러나 어떤 방법이 실험 수업에 더 적합한지에 대해 혼란을 겪고 있다고 말하며 이를 ‘딜레마’라고 표현하였다.

**자아효능감: 과학과 실험에 대한 높은, 실험 수업에 대한 낮은 자아효능감**

예비교사 B는 생물학에 대하여 깊이 있고 풍부한 내용 지식을 가지고 있었다. 다른 예비교사들이 구상한 실험 수업에서 과학 원리를 제시하여 더 좋은 수업 방법에 대한 의견을 자주 제안하였다. 그러나 실험활동 진행에 있어서는 교사로서 언제, 어떤 역할을 해야 하는지 모르겠다고 이야기하며 실험 수업 수행에 대한 어려움을 표현하였다.

그래서 수업 흐름 모르고 실험기법만 안다고 애들한테 이렇게 도움이 되는 게 아닌 것 같아서.  
수업에 대한 전체 흐름을 알고 들어가는 게 좋을 것 같아요

(2013. 8. ‘DNA 추출’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 B는 실험 수업을 진행하는 교사는 과학과 실험에 대한 풍부한 지식과 더불어 실험 수업에 대한 지식이 필요하다고 생각하였다(자아효능감: 실험 수업 교수).

## 사회·제도적 측면 : 넘을 수 없는 장벽

예비교사들의 실험 수업 평가회에서는 사회 · 제도적 측면에 대한 의견이 잘 나타나지 않았다. 이례적으로 예비교사 B는 학교 차원에서 준비되는 실험실 구조나 실험 도구 확충에 대해 언급하였다. 다음은 구조화된 실험실과 관련하여 예비교사 B가 발언한 내용이다.

옆에 서있으면, 한명이 꼭 소위가 되는 느낌인거예요. 한명이 메스하고 두 명이 잡아주면 다른 한명은 스포이드라도 들고 있게 했는데. 근데 그거는 솔직히 책상이 좀 작거나 그러면 좋겠는데. 그것도 해결될 수 있는 게 아니라서...

(2013. 7. ‘돼지 해부1’ 실험수업 후 평가회)

이미 설치되어 있는 실험대 구조는 학생들의 실험활동에 영향을 미쳤다. 크게 제작된 실험대는 해부 시 학생이 참여하는 데에 걸림돌이 되고 있었다. 예비교사 B는 이러한 문제점을 인식하고는 있지만, 이를 어쩔 수 없는 것으로 받아들이고 있다는 것을 아래의 발언을 통해 알 수 확인할 수 있었다(사회·제도적 측면: 실험도구 및 실험실).

예비교사 B의 개념 생태 요소와 하위요소에 대한 예시는 표 11에 정리하였다.

표 11. 예비교사 B의 실험 수업 개념 생태

구성요소	하위요소	예시
과학 실험 수업에 대한 사고	지식 구성	정답을 찾는다고보다 아까처럼 창의적인 대답이 나오기를 바랬던 거예요. 정말 말도 안되는 대답이라도 이 재조합을 활용할 수 있는 거, 아니면 유용한 거를 찾는다고.
	지식 습득	실험 중에 애들이 만약에 이렇게 본인이 돼지 해부를 한다는 거를 알고 들어온 애들 같은 경우에는, ..(중략).. 그만큼 흥미가 있고 임팩트 있게 지식을 전달 할 수 있는 것도 없잖아요. 그래서 그 점에서는.
학습자에 대한 사고	학습능력	(내용이 어렵지 않았어?) 애들이 딱히 개념을 이해 못했다는 생각은 안 드는데.
	실험수행능력	애들이 막상 (실험을) 할 때 하는 거 보면 싫어서 하는 것 같진 않은데. 틀리는 거 엄청 걱정하는 것 같아요.
교육과정과 내용에 대한 사고	'멘토의 역할'	아까 애들이 한거 쪽 적었잖아요. 이걸 ('멘토의 역할'에) 올리면 다음에 쓸지 안쓸지 몰라도 애들한테 어떤 식으로 답을 유도하면 될 지 생각해 볼 수 있지 않을까요?
교수 성향	학생 중심	거의 스스로 해본 게 없어서 (아쉬워요) 학생들이 스스로 뭔가를 할 수 있는 게 부족했던 거 같아요.
	교사 중심	(그러니까 기관계 별로 보면서 좀 더 기능이랑 연결되고 아까 경은언니 말대로 좀 더 기억에 남았을 수 있었던 거 같기는 하는데 딱 볼 게 정해져있으니까 너무 그거만 따라가는 느낌이 아니었나.

자아효능감	과학 지식	저는 극성하고 비극성하고 전하를 안 띄는거로 처음에 아예 두 개로 나눈 다음에 각각 하는 게 좋을 거 같은데. 보통 극성이라고 생각하면 전하를 띠 거 같은데. (풍부한 지식 - 교수학습예의 조언)
	실험 수업 교수	언제 활동지 문제를 애들한테 풀려야 할 지 몰랐었거든요 특히 맨 처음 했던 실험 분별깔대기 색소분리 할 때 언제 애들한테 활동지 문제 풀게할지 몰라서..
사회제도적 측면	실험 도구 및 실험실	처음에 그런데 저번 시간에는 다 채워져 있는 해부 도구 그걸 나눠줬잖아요. 그런데 그게 없었던 말이에요. 그리고 지금. 이번 실험에서 학생들의 참여가 적었다는 얘기가 있는데. 그러니까 (실험 도구의 부족으로) 약간 멘토가 설명해주는 식으로 진행되지 않았는지.

각 요소들은 다른 요소와 함께 연관되어 논의되었다. 이는 예비교사 B의 실험 수업요소들 사이의 관계가 서로 관련을 가지며 맥락적으로 구성되어 있음을 보여준다. 예비교사 B의 실험 수업 개념 행태는 과학 실험 수업에 대한 사고와 교수 성향을 중심으로 요소들이 연결되고 있었다. 예비교사 B의 실험 수업에 대한 개념 생태 요소와 요소들 간의 연결은 그림 10에 제시하였다. 둥근 사각형은 개념 생태 요소를, 내부의 사각형은 하위요소를 나타낸다. 하위요소 중 상반되는 요소가 양립할 경우, 점선으로 표현된 사각형은 예비교사 B가 덜 선호하는 요소를 나타낸다. 연결선은 두 가지 개념 생태 요소가 연관되어 나타난 경우를 보인다(그림 10).

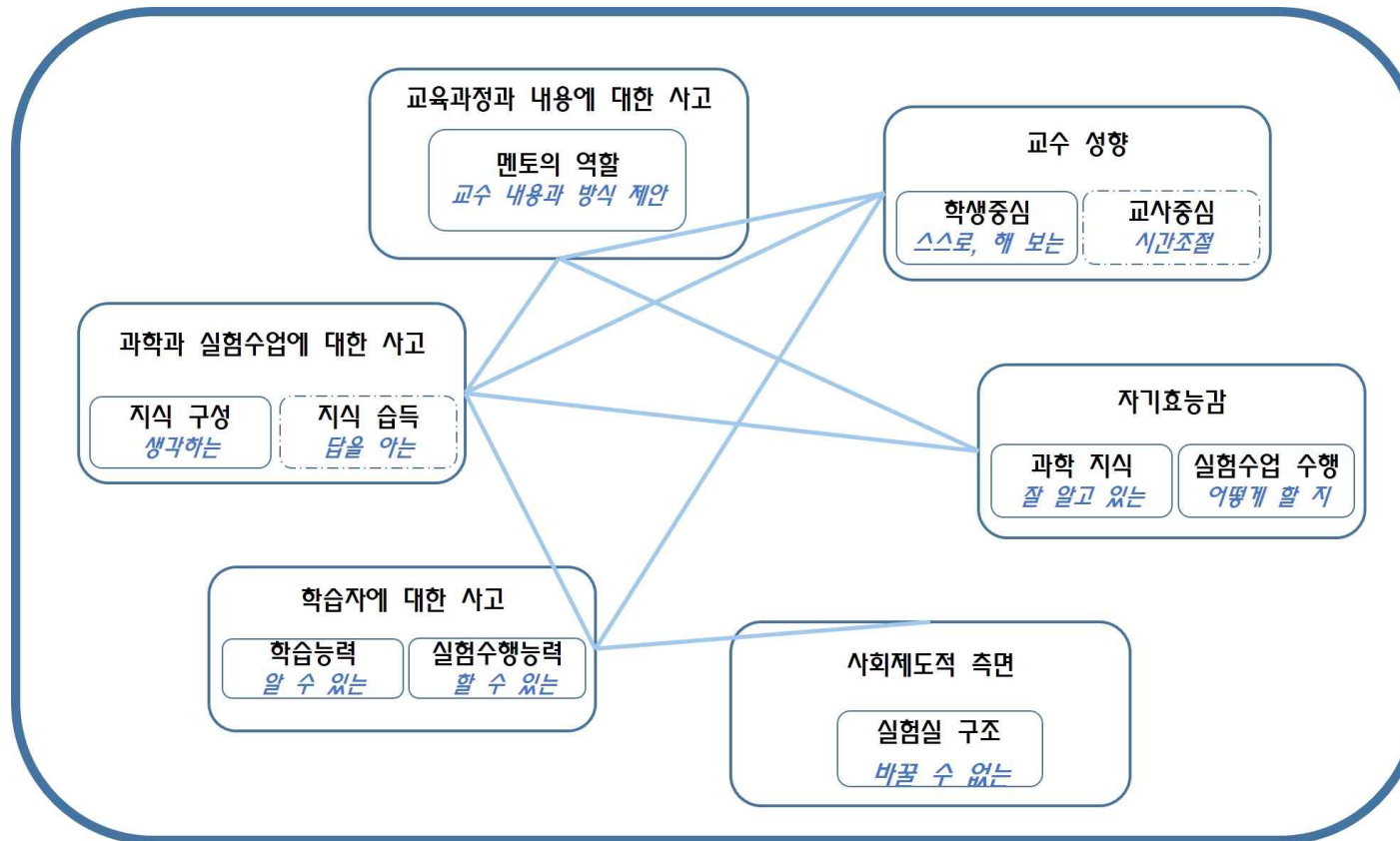


그림 10 예비교사 B의 실험 수업에 대한 개념 상태

**등근 사각형**: 실험수업에 대한 개념상태와 하위 요소,

**기울임체**: 하위 요소에 대한 교사의 생각

**테두리가 점선인 등근 사각형**: 실행에 잘 드러나지 않은 요소,

**—연결선**: 연관되어 나타난 요소

예비교사 B의 실험 수업에 대한 개념 생태 특징은 다음과 같다.

- 과학 실험 수업에 대한 사고와 교수 성향의 두 가지 갈래가 실험 수업 상황에서 실행에 대한 갈등을 야기하는 요인으로 작용하는 것을 확인할 수 있었다.

작년에는 스스로 해본다는, 작년에는 훨씬 능동적으로 했거든요. 그러니까 홍강, 복강 분리하고 진짜 식도도 다 잘라내고, 심장하고 분리하고 이것도 직접 다 하면서 시간이 진짜 오래 걸렸는데. 거의 다 애들이 하기는 했어요. 근데 이번에는 정리한 거는 적은 반면에 확실히 효율적으로 되기는 했어요. 설명을 확실히 애들이 많이 듣고 그런 부분이 있기는 했어요. 작년에는 진짜 편자가 컸던 게 저희 조에서는 아직 이거 다 분리하지도 못했는데 옆에서는 이미 홍강을 다 끝내고 복강으로 내려가고 막 그런 거 있었어요. 그런데 뭐가 좋은 건지 모르겠어요.

(2013. 7. ‘돼지 해부1’ 실험수업 후 평가회)

실험 수업 평가회에서 예비교사 B는 자신의 실험 수행과 과학 실험 수업에 대한 사고가 일치하지 않음을 고민하고 있었다. 학생들이 지식을 구성하게 하는 것(능동적으로 하다, 스스로 얻어갈 수 있다)과 예비교사들이 학생에게 과학지식을 습득하게 하는 것(효율적으로 하다, 많이 알아가다) 사이에서 고민에 빠진 모습(예: 뭐가 좋은지 모르겠어요. 딜레마예요)을 볼 수 있었다.

- 학습자에 대한 사고는 과학 실험 수업에 대한 사고와 교수 성향에 연관성을 가지며, 이를 고려하여 두 요소를 조정한다는 것을 알 수 있다.

뒤에 문제가 상당히 어렵고 조별로 진도가 다 달라서 이조 저조 확인하고 (시간을 많이 줬어요) 충분히 시간을 줘도 (학생들이 다 하고) 제시간에 끝낼 수 있다고 생각해서 일부러 끊고 가고 하지는 않았어요.

(2013. 8. ‘유전자 재조합’ 실험수업 후 평가회)

예비교사 B는 학생들은 학습과 실험수행을 할 수 있는 능력이 있음을 확신하고 있었으며, 이러한 생각이 학생의 이해를 기반으로 하는 학생 중심적 교수, 스스로 생각하고 구성해 나갈 수 있는 과학 실험 수업에 대한 사고를 가능하게 하였다.

예비교사 B의 개념 생태 요소들은 비교적 다양하게 연결되고 있었다. 하지만 특정 요소가 실행 전반에서 일관성을 가지고 실행을 정당화하기보다, 개념 생태 하위 요소들 사이에서 실행 과정 중에 혼란을 가지며 개념 생태 요소에 대한 갈등을 나타내었다.

### 5.2.3. 초임교사 B의 실험 수업에 대한 개념 생태

초임교사 B의 실험 수업 개념 생태 요소로 과학 실험 수업에 대한 사고, 학습자에 대한 사고, 교육과정과 내용에 대한 사고, 교수성향, 자아효능감, 사회·제도적 측면, 인식론적 확신근거가 나타났다. 각 개념 생태 요소에 대한 하위 요소는 다음과 같다(표 10).

#### **과학 실험 수업에 대한 사고: 참여를 통한 지식 구성**

초임교사 B는 학생들이 실험 수업에 참여하는 경험을 가지는 것 자체로 의미가 있다고 생각하였다. 실험 수업 참여를 통해 학생들은 스스로 활동하고 생각하는 등 과학 지식을 구성하는 기회를 가지게 한다고 여겼다. 다음 예시는 초임교사 B의 과학 실험수업에 대한 사고를 보여준다.

근데 (실험을 한 경우) 애들이 얻어가는 걸 보면 확실히 달라요. 기억하는 것도 그렇고. 애들이 확실히 뭔가를 자기가 하면 생각을 하고, 더 잘 기억하고 한 번이라도 생각을 하면 좀 다른 것 같아요. ... (중략) ... 수업만 하면 진짜 아무것도 안해요.

(2018. 4. ‘농도에 따른 세포관찰’ 실험 수업 후 면담)

실험 수업과 강의식 수업에 대한 학생들의 수업 참여 정도가 다르며, 수업 참여 정도에 따라 학생들의 학습 수준도 차이난다고 생각하는 것을 볼 수 있다. 초임교사 B는 실험 수업은 학생이 스스로 생각하는 경험을 제공하여 지식 소유감을 높일 수 있는 시간으로 보고, 강의식 수업과 다르게 여기고 있었다(과학 실험 수업에 대한 사고: 지식 구성).

또한 실험 수업은 습득해야 할 과학 지식을 포함하고 있으며 개념을 습득하기 위한 방법으로 활용될 수 있다고 보았다. 그러나 초임교사 B는 학생들이 지식을 습득하는 것을 실험 수업의 목적으로 삼기보다, 실험활동을 통해 과학 지식을 습득할 수 있다는 것을 염두에 두는 것이 중요하다고 생각하였다. 아래는 이러한 초임교사 B의 생각을 보여준다.

관찰이랑 좀 더 연결이 될 수도 있는 거고 ... (실험활동이) 결국에는 개념하고 연결이 되는 게 예를 들면 체세포 분열 과정을 확인해본다거나. 이런 거는 관찰을 하지만 어쨌든 분열 과정에 대한

개념이 들어가는 거고, 그다음에 했던 거는 근육 모형을 만들어본다던가. 근수축 모형 같은 거? 그것도 결국 개념이랑 연결이 되는 거고 ... 그래서 이게 뭐 H대는 들어가고 A대는 이런 거 있잖아요. 그렇게 연결이...

(2018. 4. ‘농도에 따른 세포관찰’ 실험 수업 후 면담)

초임교사 B는 실험 수업에서 직접 체세포 분열이나 근수축 과정에 대한 과학 지식을 설명하고 가르치지 않아도 실험활동 내에 과학 지식이 포함되어 있기 때문에 활동을 통해 학생들이 지식을 습득할 수 있다고 생각하고 있다(과학 실험 수업에 대한 사고: 지식 습득).

**학습자에 대한 사고: 무기력한 학생들**

초임교사 B는 기본적으로 학생은 학습과 실험 수업을 할 수 있는 능력을 가지고 있다고 여겼다. 그러나 여러 가지 이유로 학생들은 생각하기를 귀찮아하고, 힘들어하고, 기억하지 못하고 있었다. 교사 B는 학생이 무기력한 대표적인 원인으로 상급 학교로의 진학을 꼽았다. 다음은 면담 중 초임교사 B가 한 학생의 예를 설명한 내용이다.

00는 항상 이걸로 내가 다른 걸 할 거 없나 생각하는 애예요. 창의적이지요. 그래서 창의력 경진대회에서 상 받았을 거예요. 종이비행기 멀리 날리기랑 오래 날리기였는데 멀리 날리기에서 상 받았을 거예요. 근데 (실험보고서나 체험활동 후에 제출하는) 사후소감문을 안내요. 자기한테 의미가 없으니까 .백신연구소도 엄청 좋아하는데, 소감문을 안내요.

(2018. 4. ‘돌연변이 키트 제작’ 실험 수업 후 면담)

당일 실험에서 돌연변이 초파리 관찰 키트를 만드는 중 한 학생이 투명 매니큐어로 초파리 집을 만들고 있었다. 초임교사 B는 그 학생의 행동을 제지하지 않고 오히려 초파리 집을 빨리 만든 후 관찰 키트 만들기 활동을 할 수 있도록 독려했고, 학생은 활동을 마무리 할 수 있었다. 초임교사 B는 그 학생의 예를 들며 학생들은 창의적이고 똑똑하며 학습할 능력이 충분함에도 불구하고, 학생이 대학 입학에 선택한 교과목이 아닌 경우에는 학습활동 자체에 큰 의미를 가지지 않는 무기력한 모습을 보인다고 설명하였다.

**교육과정과 내용에 대한 사고: 실험 내용의 자율적 선택**

초임교사 B의 교육과정과 내용에 대한 사고는 교사가 담당하고 있는 두 과목을

중심으로 하위요소가 나타났다. 생명과학1은 교육과정에 따라 가르쳐야 할 내용이 정해져 있는 과목이었고, 생명과학 탐구실험은 생명과학1보다 교육과정이 느슨하여 실험 수업 내용을 선택할 수 있었다.

생명과학 탐구실험 교과서는 상당히 많은 종류의 실험을 수록하고 있었다. 그러나 초임교사 B는 실제 실험 수업에서 사용할 수 있는 실험은 많지 않다고 생각하며 실험선정에 어려움을 표현하였다. 다음은 실험 활동의 선정 과정을 묻는 연구자의 질문에서 나타난 초임교사 B의 실험 교과서에 대한 생각이다.

**생명과학 탐구실험 교과서가 있고 거기에 있는 거를 기준으로 선정을 했는데, 약간 변형해서... 별로 쓸 만한 게 별로 없으니까... 근데 사실 거기 실험이 진짜 많잖아요. 그래서 골라서 하면 겨우 할 만한 거 딱 한 학기 나오고, 쓸 만한 걸 고르면 딱 1년 치 나오는 느낌이에요. 근데 대부분 있긴 있으니까. 그리고 좀 자세하지가 않아서. 실험교과서가...(다른 데서 찾아보죠).**

**(2018. 4. ‘농도에 따른 세포 관찰’ 실험 수업 후 면담)**

이를 통해 초임교사 B가 교육과정의 제약 없이 비교적 자유로운 생명과학 탐구실험 수업을 준비할 때에는 탐구실험 교과서를 활용하기도 하지만, 실험과 관련된 내용을 스스로 찾고 선택하여 실험 수업을 구성하기도 한다는 것을 알 수 있었다.

반면 생명과학1은 교육과정의 영향을 받는 과목으로 여기고 있었다. 다음의 예는 생명과학1에서 이루어지는 실험 수업에 대한 초임교사 B의 생각을 보여준다.

**근데 만약 생1 실험 하는 거는 좀 더 의미를 못 찾아요. 좀 더 생각을 못시켜요. 많이 못시키고 애들한테 요구할 수 있는 게 많지 않아요. 교과서가 있고 거기에 대한 지식을 배워야하고 그런 거랑 연결시켜 실험을 하니까 좀 더 관찰을 많이 하거나 생각을 더 시키거나 ... 이게 더 어려워요.**

**(2018. 4. ‘돌연변이 키트 제작’ 실험 수업 후 면담)**

생명과학 1에서 실험 수업을 실행할 때에는 생명과학 탐구 실험에 비해 실험 활동 선택과 운영에 대한 교사 자율성이 매우 낮다고 여겼다(교육과정과 내용에 대한 사고: 교육과정).과서에서 제시하는 내용을 중심으로 실험 수업을 운영할 때에는 관찰과 생각해보는 활동을 진행하기 어려워, 결국 수업이 지식 습득을 위한 교사 중심적 교수로 이어진다는 것을 확인할 수 있었다(교수 성향: 교사 중심적).

**교수 성향: 여유롭게 구성하는 실험**



실험 수업에서 교사는 학생들이 지식에 단순 암기방식으로 접근하도록 진행하기 보다 생각해 보는 기회를 제공하는 것을 중요하게 여기고 있었다. 따라서 학생들이 따라하는 구조화된 실험 수업을 제시하기보다, 비구조적인 실험 수업 과정을 통해 학생들이 생각하고 변형해 보는 기회를 제공하려고 하였다. 아래는 하나의 정답을 찾을 수 있게 제시된 문제를 교사 B가 학생들이 여러 가지 방향으로 생각해 볼 수 있도록 정답을 유도하기 위해 조건들을 삭제하여 제시한 사례이다(교수 성향: 학생 중심).

**마지막 문제를 넣은 것도 사실 조건을 많이 걸지 않았잖아요. 그냥 되대로 생각해서 써 봤으면 좋겠다. 그런 것도 있었고.**

(2018. 4. ‘돌연변이 키트 제작’ 실험 수업 후 면담)

초임교사 B가 학생 중심적인 교수 성향을 발현할 수 있었던 이유는 생명과학 탐구실험 수업이 블록타임제로 운영되어 실험 활동에 충분한 시간이 제공되었기 때문으로 보인다. 다음의 사례는 충분한 시간이 제공되지 않은 경우 초임교사 B의 실험 수업 교수 성향에 대한 생각을 보여준다.

**(생명과학1에서 실험 할 때에는) 그럼 진짜 생각할 시간이 없어요. 1시간하려면.. 그래서 열린 질문을 하고 싶어도 못해요.**

(2018. 4. ‘돌연변이 키트 제작’ 실험 수업 후 면담)

교사 B는 50분으로 운영되는 생명과학1의 실험 수업에서는 실험 활동을 수행하는 것만으로도 수업 시간이 부족하여(사회·제도적 측면: 수업 시간) 학생들에게 생각하는 기회를 제공하거나 스스로 해보는 실험 수업이 이루어지기 어려워 교사 중심의 교수 실행을 할 수밖에 없다고 느끼고 있었다(교수 성향: 교사 중심).

초임교사 B의 교수 성향은 과학 실험 수업에 대한 사고, 학생에 대한 사고, 교육 과정과 내용에 대한 사고, 사회·문화적 측면과 연관되어 나타났다.

### **자아효능감: 힘들지만 뿌듯한 실험 수업**

초임교사 B는 실험 수업을 진행하며 학생들이 생각하고 자율적으로 활동할 때 교사로서 만족감을 느끼고 있었다. 아래의 예처럼 학생이 실험 수업에서 질문을 하고 증거를 찾으며 과학적인 생각을 표현하는 경우, 교사로 만족감을 느낀다고 표현하

였다(자아효능감: 실험 수업 수행).

(한 학생은 수업 시간에 알려주지 않았던) 그런 거를 찾아내서 질문해요. 그리고 좀 더 적용해서 그래서 이런이래서 그런 거예요? 이런 거 물어보고.. 훌륭한 질문을 해요. 그런 애들은 볼 때마다 흐뭇하고.. 뿌듯하죠.

(2018. 4. ‘농도에 따른 세포 관찰’ 실험 수업 후 면담)

그러나 실험 수업을 위해서 여러 개의 실험 수업에 대한 계획과 준비물 기안, 실험 수업 진행 등 여러 가지 일을 동시에 진행해야 한다는 점에서 실험 수업 자체에 대한 어려움을 느끼고 있었다. 다음은 학기 당 실험 수업을 수행하는 차시를 묻는 연구자의 질문에 대한 초임교사 B의 답변이다.

1학기 기준으로... 실험시간이에요? 생물까지 해서... 그러면 한 7-8개요 하는 것 같아요. (실험 수업 하기) 너무 힘들어요. 이게 2주에 한 번 (실험 수업을) 하는 것도 쉬운 게 아닌 게 실험을 하나 하면서 그 다음 실험을 생각을 하고 재료를 사야 하잖아요. 그게 쉽지가 않아요.

(2018. 4. ‘돌연변이 키트 제작’ 실험 수업 후 면담)

#### **사회 · 제도적 측면: 교수 성향에 영향을 주는 블록타임제**

사회 · 제도적 측면은 교사의 실험 수업 진행에 다양한 방면으로 영향을 미치고 있었다. 초임교사 B는 과학중점학교에 근무하면서 실험에 대한 행정지원을 받고 있었다. 다음은 학교의 지원을 보여주는 교사 B의 면담 내용이다.

우리학교는 돈은 잘 줘요. 과학 실무사 선생님께 보내드리면 기안해서 사 주세요(사회 · 제도적 측면: 학교의 지원). 그거 아크릴 판도 주셔서 쉽게 했지... 과학실험에 쓰는 돈이면 기안해서 사주 세요. 주셔가지고 좀 쉽게 했지 주문제작 해가면 좀 비싸고.. 찾아서 해가고 실험도 해봐야하고. (시간이 많이 들지)

(2018. 4. ‘돌연변이 키트 제작’ 실험 수업 후 면담)

넉넉한 예산과 실험 재료 구입과 준비에 도움을 주시는 실무사 선생님 덕분에 원하는 실험 수업을 기획하고 실행하는 데 무리가 없었다(사회 제도적 측면: 과학중점 학교).

또한 생명과학 탐구실험 수업은 블록타임제의 적용으로, 실험 시간을 충분히 확보할 수 있었고 교사 B가 원하는 학생 중심적 교수 수행을 구현할 수 있었다.

그러나 진학 요인은 학생들이 필요에 따라 수업에 참여하게 하였다. 생명과학을 입시 과목으로 채택하지 않는 학생의 경우 수업에서 학습의 의미를 찾기 어려웠으며, 또한 교사에게 실험 수업 진행의 어려움으로 다가왔다. 다음의 예는 진학 요인에 대한 초임교사 B의 생각이다.

애들이 수업에 의미를 못 찾는 게 우리학교 애들은 또 내신을 나눠먹어요...(중략)... 특목고가 좀 그렇잖아요. 애네 그래서 정시를 써야겠다 하면 내신이 필요가 없는 거예요. 그러면 학교 수업이 필요가 없고(사회·제도적 측면: 진학) 그것 때문에 저한테 진짜 많이 혼났던 애가 아까 그 등탈 관찰하던 애예요. 생물점수가 50점대? 근데 공부하면 그런 점수가 안 나올 애거든요.

(2018. 4. ‘농도에 따른 세포 관찰’ 실험 수업 후 면담)

대학 진학에 대한 학생들의 생각은(사회제도적 측면: 진학) 학생들의 실험 수업에 대한 태도에 영향을 미치고 있었다(학생에 대한 사고: 학습능력, 실험 수행 능력).

사회경제적 지위가 높은 학부모들은 자녀의 진학에 관심이 높고 충분한 지원도 제공하였다. 이러한 분위기에서 교사 역시 학생들의 학문적 학습보다는 진학에 치중할 수밖에 없고, 스스로도 이러한 상황을 인정하고 있었다.

### **인식론적 확신 근거: 스스로 생각해보는 실험**

‘스스로 생각해보는 실험 수업’은 교사 B의 실험 수업 실행 전반에서 인식론적 확신근거로 작용하였다. 다음의 예는 초임교사 B가 가지는 실험 수업에 대한 인식론적 확신근거를 보여준다.

일부러 (실험을 여유롭게 계획하고) 그래요. 보통 생실하면 시간 많이 주고 생각 많이 하고... 일부러... 너무 구조화 시키지 않고. 실험을 생각의 기회로 삼게 해요.

(2018. 4. ‘농도에 따른 세포 관찰’ 실험 수업 후 면담)

왜냐면 실험을 하는 거 자체가 애들이 해봐야 하는 거 같은데... 일반반 애들은 실험을 못하잖아요. 걔네는 할 기회가 별로 없으니까. 과중반(과학중점반) 대상으로 실험과목 실험을 하면 좀 시간을

많이 주고 어려운 질문을 던지고 좀 더 자유롭게 진행할 수 있는데 (깊이 생각해 볼 수 있는) 마지막 질문 같은 그런 거를 좀 하고...

(2018. 4. ‘돌연변이 키트 제작’ 실험 수업 후 면담)

교사 B는 실험 수업에서 활동에 넉넉한 시간을 제공하고 어려운 질문도 던지며 비구조적인 실험을 통해 학생들이 생각할 수 있는 기회를 제공하고 있었다. 생각해 보는 과학은 교사 B의 개념 생태 요소들과 끈끈하게 연결되어 있었다. 자율적인 실험 내용 선택, 학생 중심 교수 성향, 지식 구성으로서 과학 실험 수업, 실험과 학습을 할 수 있는 학생들, 학교 내 지원과 블록타임 제도는 교사 B가 학생 ‘스스로 생각해 보는 실험 수업’을 제공할 수 있게 하였다.

예비교사 시기에 교사 B는 실험 수업에서 생각해 보는 기회를 가지는 것이 중요하다고 여기고 있었지만 실제 실험 수업 실행에서는 즉각적인 피드백을 제시하여 학생의 사고를 촉진하지 못하는 경우가 종종 드러나거나, 자신의 교수 실행에 갈등을 보이는 경우가 나타나기도 했다. 초임교사 시기에는 교사 B의 실행 전반에서 학생 스스로 생각하는 실험 수업의 기회를 제공하기 위해 노력하는 모습이 드러났다.

또한 이는 앞서 살펴본 실험 수업 상호작용에서 제시한 결과와도 연관되어 있다. 교사 B는 인식론적 확신근거를 바탕으로 통합된 실험 국면에서 탐구적 질문을 제시하고 교사와 학생은 길게 상호작용하며, ‘스스로 생각해 보는 실험’을 실행하였다.

교사 B의 개념 생태 요소와 하위요소는 표 12에 제시하였다.

표 12 초임교사 B의 실험 수업 개념 생태

구성요소	하위요소	예시
과학 실험 수업에 대한 사고	지식 구성	실험 수업의 목적 일단 관찰. 그리고 생각하는 거. 생각을 충분히 하게 하려고 다른 활동들을 많이 안 넣었어요.
	지식 습득	생1에서 실험을 하면 어떤 개념을 좀 더 배우게 하고 싶은 의미에서 실험을 하는 게 더 많은 것 같아요
학습자에 대한 사고	학습능력	개가 외우는 거 진짜 잘해요. 그래서 유전문제 싫어해요. 생각해야 하니까.
	실험수행 능력	귀찮아가지고 시키는 것 되게 싫어해요. 찾아보는 것도 싫어하고요. 일반반 애들을 대상으로 하면. 일단 거기까지 생각할 수 있는 애들이 거의 없어요. 비율이. 그러니까 아예 그런 생각을 아예 시도도 안하는. 그런 애들이 많으니까 (생각하는 실험) 그런 걸 못하고, 그래서 좀 더 요리책 같은 실험을 할 때도 있구요.
교육과정과 내용에 대한 사고	자유로운 선택	생명과학 실험에 거기 전기영동이 있어요. 초파리 관찰도 있어요. 거기 있는거 토탈 해서 하고 싶은 걸로. (꼭 교과서에 있는 거 안 해도)
	생1 교육	교과서가 있고 거기에 대한 지식을 배워야하고 그런 거랑 연결시켜

	과정	실험을 하니까 좀 더 관찰을 많이 하거나 생각을 더 시키거나 ) ... 이게 더 어려워요.
교수 성향	학생중심	근데 이게 쉽다면 쉽고, 어렵다면 어렵지 않아요? 애들한테 안 익숙한 재료고 뭐가 뭔지도 구분도 못하는데 차이점까지 찾으라고 하면. 그래서 더 여유롭게 시간을 준거예요.
	교사 중심	그래서 사실 실험만 하기에 시간도 모자라니까. 애들이 빠릿빠릿 하는 것도 아니고 실험하기에도 벅차서 간단하게 얘기하고 내가 설명하고 싶은거는 활동지에 질문으로 대체하고 그러니까 이 변화를 관찰하여 적어보시오.. 이런 식으로 해서 그걸 하게하고, 돌아다니면서 좀 더 보라고 시키고 끝나요.
자아효능감	실험 수업 교수	그런 거를 찾아내서 질문해요. 그리고 좀 더 적용해서 그래서 이걸이래서 그런 거예요? 이런 거 물어보고 훌륭한 질문을 해요. 그런 애들은 볼 때마다 흐뭇하고.. 뿌듯하죠.
사회제도적 측면	학교 내 지원	우리학교는 돈은 잘 줘요. 과학 실무사 쌤께 보내드리면 기안해서 사주세요.
	제도(블록타임)	일단 시간도 달라요. 지금 두 시간 할 수 있잖아요. 일반 반은 한 시간이니깐 그 안에 할 수 있는 거.
	진학	근데 실험 수업이 꼭 필요한가 싶기도 하고.... 수능은 암기와 연습. 문제 푸는 연습. 이런 생물문제가 아니에요. 논리문제고.
	지역 특성	OO는 아빠가 대학가면 해주는 것 노트북, 전화기, 게임기, 기타 등등... 대학 급이 한 단계 씩 낮아질 때마다 하나씩 빠진다고 말하고 다녀요.
인식론적 확신근거	생각	왜냐면 실험을 하는 거 자체가 애들이 해봐야 하는 것 같은데... 일반반 애들은 실험을 못하잖아요. 개네는 할 기회가 별로 없으니까. 과중반(과학중점반) 대상으로 실험과목 실험을 하면 좀 시간을 많이 주고 어려운 질문을 던지고 좀 더 자유롭게 진행할 수 있는데 (깊이 생각해볼 수 있는) 마지막 질문 같은 그런 거를 좀 하고

개념 생태의 각 요소들은 다른 요소와 함께 연관되어 논의되었다. 예비교사 시기에 비하여 초임교사 B의 실험 수업 요소들 사이의 관계는 복잡하게 연결되어 나타났다. 각각의 요소가 밀접한 관계를 유지하며 실험 수업을 구성해 나감을 알 수 있다. 인식론적 확신근거는 다른 요소들의 기저에 위치하며 모든 하위요소들과 연관되어 있었다. 초임교사 B의 실험 수업에 대한 개념 생태 요소와 요소들 간의 연결은 그림 11에 제시하였다. 둥근 사각형들은 개념 생태 요소를 나타낸다. 내부 사각형은 하위요소로, 기울임체는 초임교사 B의 하위요소에 대한 간략한 설명이다. 배경이 있는 사각형은 초임교사 시기에 등장한 개념 생태 요소이다. 초임교사 시기에 사회제도적 측면의 하위요소들과 인식론적 확신근거가 등장했다(그림 11).

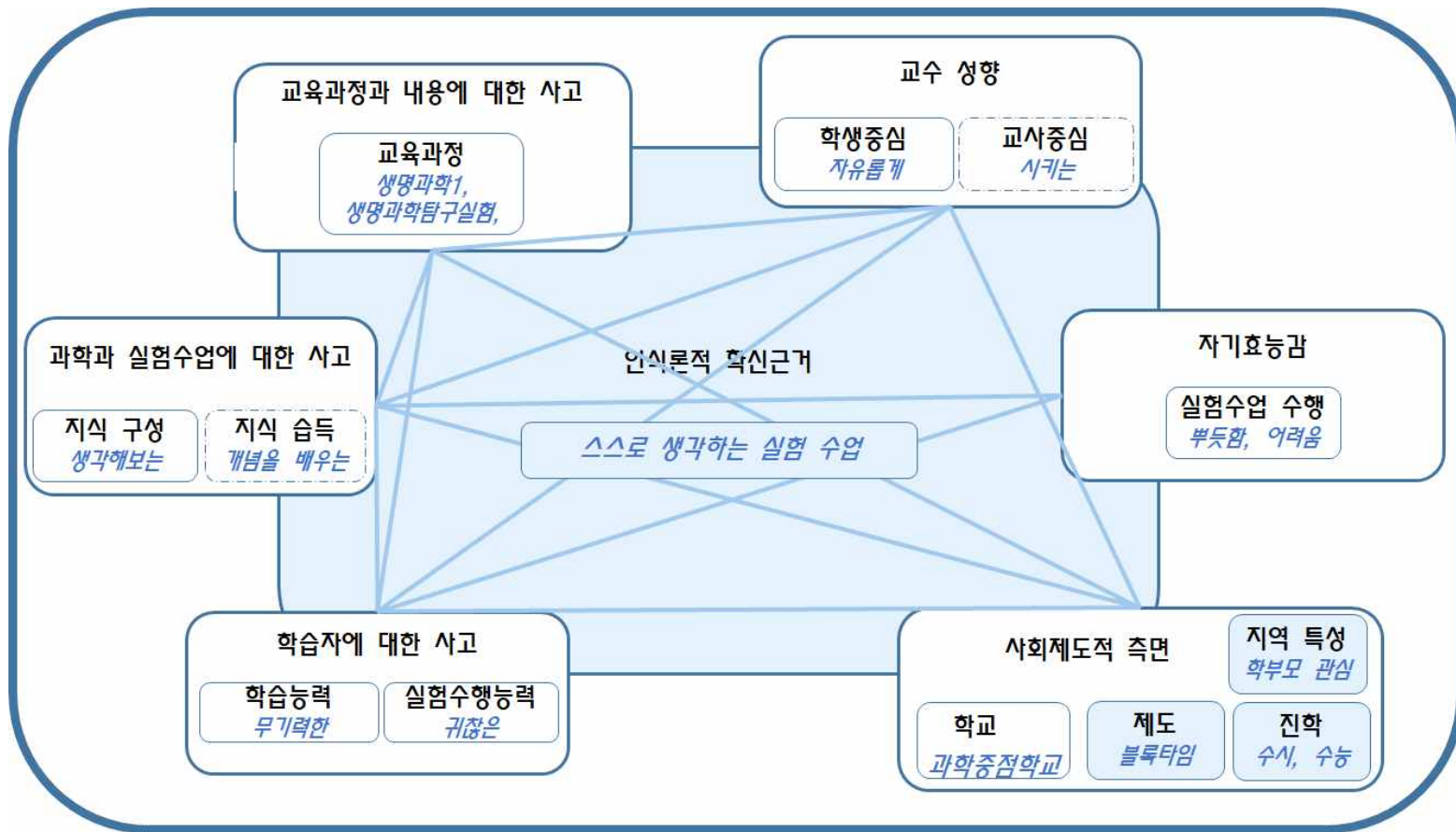


그림 11. 초임교사 B의 실험 수업 개념 생태

**등근 사각형** : 실험수업에 대한 개념생태와 하위 요소,

**테두리가 점선인 등근 사각형** : 실행에 잘 드러나지 않은 요소,

**그림자가 있는 등근 사각형** : 초임교사 시기에 등장한 요소

**기울임체** : 하위 요소에 대한 교사의 생각

— 연결선: 연관되어 나타난 요소

### 5.3. 실험 수업 사례에 대한 분석 및 논의

#### 5.3.1. 교사 A 사례에 대한 논의: 초임교사들의 실험 수업 상황

교사 A는 예비교사 시기부터 초임교사 시기까지 실험 수업은 지식을 습득하는 과정이며 학생은 학습을 어려워한다고 생각하고 있었다. 또한 교사 중심적 교수 성향을 가지고 있었다. 예비교사에서 초임교사 시기를 거치며, 실험 수업은 점차 구조화되었고 권위적인 교수 양상 또한 심화되었다. 초임교사 시기에 실험 수업에 대한 개념 생태 요소로 과학과 교육과정과 사회·제도적 측면 등이 나타났다. 자신이 학습자로, 예비교사로 겪었던 과거 경험이 실험 수업에 반영되기도 했다. 이 과정에서 ‘경험을 제공하는 실험’이라는 인식론적 확신근거가 확립되었다. 교사 A는 인식론적 확신근거를 기반으로, 활동을 구조화하여 짧은 시간 내에 많은 실험을 학생들에게 제공하는 것에 실험 수업의 의미를 부여하였다.

다음은 교사 A의 예비교사와 초임교사 실험 수업 실행에 대한 사례이다.

	예비교사 A	초임교사 A
교수 학습 성향	직접 했으면 배워가는 게 별로 없었을 것 같아요. 시간 때문에 그러니까 뭔가 우리가 하면 이렇게 잘라야 볼 수 있는 게 더 많고, 더 잘 자른거다 못 자른거다 이걸 아니까. 그 방법대로 좀. 정석대로 잘라서 보여주고, 잘 보이게 해주고 이런데. 해보라고 하면 잘라서 안 좋은 거를 자르고 잘라야 되는 거를 잘라야 되는 줄을 모르고 그냥 넘어갈 것 같아요.	교사 B: 근데 제 수업은 뭔가 생각해보자 이런 게 별로 없어요. 사실... (하하하) 그냥 배울 거 최소한으로 해서 외울 거 외우고 실험할 거 실험에서 딱 떨어져요. 연구자: 과학이 명확해? 교사 A: 안 명확한데 안 나오는걸 실험에 넣으면 실패한 것 같은 느낌이 저는 싫어요.
	(2013.6, 평가회.)	(2018. 10. 최종 면담)
실험 수업 담화	예비교사 A: 몇 개 찾았어? 학생1: 세 개요 학생4: 그냥 (눈으로) 보는 거로 찾았어요 예비교사C: 아나아나 우리 목적은 현미경이야 알잖아 너희들? 학생들: 뒤에도 있어요? 예비교사 A: 뒤에도 있긴 한데 앞면만.. 앞면에서 세 개 다 찾아봐 너희들이.	교사 A: 그 다음에는 어떻게 해야 할까? 학생1: 열고 교사 A: 열고 너 도장 받아~ 어 그 다음 봐 바. 한 번 열고 재는데 뚜껑 빼고 재면 돼 안돼? 학생들: 안돼요 교사 A: 이러면 실험 망하는 거다. 그래서 이렇게 뚜껑 딱 같이 재주면 실험 끝!

실험활동의 시간은 예비교사 시기에 10분, 초임교사 시기에 5분으로 한정하며 실험활동 과정을 명확하게 제시하였다. 이러한 성향은 교사 중심 교수 성향으로 볼 수 있으며, 이는 예비교사와 초임교사 시기에 일관되게 드러났다. 또한 초임교사 시기에 실험 수업을 더욱 구조화하여 제시하는 모습을 통해 교사 중심 교수 성향이 더욱 강화되었음을 알 수 있다.

교사 A는 예비교사 시기에 사범대학에서 지식 구성으로서 실험 수업에 대한 사고가 학습된 것으로 보인다(p.75, 표 10, 지식 구성과 사범대학). 또한 교사 A는 초임교사 시기 실험 수업에서 과학 지식을 구성하기 위한 방법을 도입하기 위해 지속적으로 노력하였다. 다음은 초임교사 A가 학생들이 지식을 구성할 수 있는 실험 수업의 필요성을 인식하고 있음을 보여준다.

이번 화학 실험 중에서도 리트머스 종이에다가 산 넣으면 색이 변하는데 전극을 넣으면 한 쪽으로 색깔이 이동하는 실험이 있었어요. 근데 그게 처음에 했을 때 저도 잘 안 나오는 거예요. 알고 보니까 한 이십 분 있다가 하면 잘 이동을 하는데 저도 그걸 못 견디는데 ... 수업에 뻔까... 사실 제 성격 같으면 뻔을 텐데, 그래도 넣었는데(교사의 시도) 역시나 애들이 움찔움찔 대고 막 뭐라 하는 것 같은 거예요. 사실 그게 과학인데... 그건 좀 제가 보완을 해야 할 것 같아요.

첫 시간하고 두 번째 시간 8번 반복 수업을 하거든요. 2번을 했는데 6조를 하면 한 조 성공하고 나머지는 다 실패했어요. 그러니까 3번째 반부터는 이 의미 없는 실험(교사의 결론) - 이게 뭐 나와야 애들이 거기서 학습을 하고 학습지는 이미 다 만들었거든요. 근데 결과를 해석하고 만들고 해야 하는데 애들이 안 되는 거를 사실 자기들 실험은 실패를 해놓고 성공한 결과를 해석해야 하잖아요. 그러니까 아.. 이거를 안 묻는 게 더 나은가? 애들이 선생님 이거는 안 되는데 이거 됐다고 치고 수업하는 거잖아요. 그래서 더 되는 실험만 넣는 것 같아요.

(2018. 10. 최종 면담)

초임교사 A는 실험 실패에 원인을 찾거나 새로운 시도를 하는 것이 필요하다고 생각하였다. 또한 지식 구성을 위한 교수 실행은 자신의 성향과 잘 맞지 않는다고 생각하면서도 지식 구성의 요소와 다른 개념 생태 요소들을 지속적으로 연결 짓는 시도를 하고 있었다(밑줄). 그러나 이러한 시도는 교사의 교수 성향과 갈등 양상을 보이게 된다. 이에 새로운 시도가 현재 사회·제도적 측면이나 교육과정에 부합하지 않는다고 생각되자 교사 A는 무기력함을 겪을 수밖에 없었고, 결과가 나오지 않



는 실험은 ‘의미 없는 실험’이라 여기며 실패한 것으로 치부하였다. 결국 교사 A는 결과가 확실하고 실험 과정에서 제시할 것이 분명한 실험을 선택하는 교수 방법으로 기울게 되었다.

이러한 예는 경험을 통해 교사의 개념 생태가 역동적으로 변화하고 있음을 보여준다. 지식 구성이라는 새로운 요소가 예비교사 시기의 개념 생태에 하위 요소로 도입되었지만, 초임교사 시기의 실험 수업 실행 경험에서 해당 하위요소는 다른 요소들과 안정적인 관계를 가지지 못하여 결국 개념 생태 내에서 약화된 것으로 해석할 수 있다. 교사는 초임 시 실험 수업 실행 맥락에서 개념 생태 요소들을 연결하고 적용하며 인식론적 확신근거를 마련해나간다. 위의 사례에서 지식 구성으로서 실험 수업은 안정적인 요소로 자리 잡기 어려웠지만, 조작하는 ‘경험을 제공하는 실험’은 표 6에서 제시한 교사의 개념 생태 요소들 사이의 갈등을 감소시키며 교사의 실험 수업 실행 방향에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 즉 지식 구성으로 학생중심 교수 실행은 교사 A의 개념 생태에는 존재하지만, 실행에 중요한 역할을 하는 인식론적 확신 근거에 연결되지 못했다고 정리할 수 있다. 교사 A의 사례는 초임교사들이 흔히 접할 수 있는 교육 현실을 반영한다.

교사 A는 과학 개념과 실험에 대해 설명할 때, 학생들에게 흥미로운 자료를 일상에서 사용하는 쉬운 언어로 제시하며 학생들의 이해를 돕고 참여를 독려하였다. 그러나 초임교사 시기에 지식 구성으로서의 실험 수업의 필요성은 덜 강조하게 되는 것으로 나타났다. 우리나라 교사들은 좋은 수업의 방법에 대해 핵심 내용을 잘 조직화하여 학생이 이해하기 쉽게 설명해주는 것을 가장 중요하게 생각하는 반면, 학생들에게 권한과 책임을 주는 것의 중요도는 고려하지 않는다고 보고되었다(권성연, 2010). 본 연구의 결과는 선행연구와 함께 지식 전달의 측면을 강조하는 우리나라 과학 교육의 현실을 보여주고 있다. 교사는 사범대학에서 지식 구성을 중요시 여기며 학습하지만, 교육 현장에서는 지식의 습득을 우선으로 느끼고 실험 수업 실행을 하게 된다. 또한 교사들이 쉽고 재미있는 자료를 활용하여 학생들이 이해하기 쉽게 지식을 습득할 수 있는 방안에 대해서는 깊이 고민하고 있지만, 지식 구성에 대한 고려는 드러나지 않고 있는 실정이다. 따라서 지식 구성으로서 실험 수업이 실행되기 위해서는 임용 후에도 교사들이 지속적으로 지식 구성에 대한 관점을 유지할 수 있는 방안 모색이 필요하다.

### 5.3.2. 교사 B 사례에 대한 논의: 구성주의적 교수 실천 가능성

교사 B는 예비교사부터 초임교사 시기까지 실험은 생각하며 지식을 구성하는 과정이고, 학생들은 학습과 실험을 수행할 능력이 있다고 생각하였다. 또한 학생 중심적 교수 성향을 가지고 있었다. 예비교사에서 초임교사 시기를 거치며 교사 B의 수업에 덜 구조화되고 탐구적인 질문들이 증가하는 변화 양상을 보였다. 초임교사 시기에 드러난 교육과정과 사회·제도적 측면들은 교사 B의 개념 생태 요소들과 상호작용하여, ‘스스로 생각하는 실험’이라는 인식론적 확신근거를 마련하였다. 교사 B는 예비교사 시기에 ‘스스로 생각하는 실험’을 중요하게 여겼으나, 실행이 잘 이루어지지 않아 결국 인식론적 확신근거로는 자리 잡지 못하게 되었다. 초임교사 시기 확립된 인식론적 확신근거를 토대로 교사 B는 학생에게 질문을 던지고 자율적으로 실험활동을 수행하게 하며, 생각해보는 기회를 제공하는 것을 실험 수업의 의미로 규정하였다. 인식론적 확신근거의 확립은 상호작용의 변화에서도 볼 수 있다. 예비교사 시기에는 학생의 사고를 촉진시키기 위한 많은 노력을 기울였으나, 학생들이 사고할 수 있는 시간을 제공하지 않고 교사가 질문에 즉각적으로 설명을 제시하여 학생 스스로 생각할 기회를 충분히 제공하지 못하였다. 그러나 초임교사 시기에는 학생 스스로 사고를 독려하고 지연피드백을 제공하거나 판단을 중지하는 등 구성적인 교수 실천이 나타났다. 이는 인식론적 확신 근거를 기반으로 교사 B의 구성주의적 교수방법이 확립되어가는 과정이라 볼 수 있다.

다음은 교사 B의 예비교사 시기와 초임교사 시기의 실험 수업 실행에 대한 사례이다.

	예비교사 B	초임교사 B
교수학습 성향	그냥 discussion 시간이 적었다기 보다는 아예 그냥 학생들이 생각할 시간이 빠졌다고 생각하거든요.  (2013.4. 평가회)	연구자: (실험을 여유롭게 구성한 것 같아) 교사 B: 일부러 그래요. 보통 생명과학 탐구실험을 하면 시간 많이 주고 생각 많이 하고, 일부러 너무 구조화 시키지 않고요.  (2018. 10 수업 후 면담)
실험 수업 담화	예비교사 B: 색소는 왜 초록색이야? 학생1 :엽록소라서? 예비교사C: 근데 녹색을 띄는 색소가	학생5: 샘 여기 렌즈에 (적혈구가) 있는 거예요? 교사 B: 봤어? 여기 봤을 때 보였어?

있을까? 다른 색일 수도 있잖아?      학생5: 아까 봤을 것 같은데. 안에 있을 텐데

학생3: 녹색이 제일 잘 보여서      교사 B: 응. 왜 안보일까

예비교사C: 제일 잘 보여? 제일 센가?      학생5: 터진 건가?

예비교사 B: 많아서?      교사 B: 왜 터졌을 거라 생각해?

학생1: 다른 색깔은 아니지 않나?      학생들: 물이 너무 많아서.

예비교사 B: 초록색 색소도 있고, 노란색,      /아니지 물이 너무 많이 들어가

보라색도 있고. 가설을 세워보래.      가지고 / 아 그렇긴 하네. /견디질

제일 많아서? 가설을 세워보자.      못해가지고 탁 터진 거지.

(2013. 4.색소분리) #16

2018. 4. #97

교사는 일관되게 학생들이 생각하는 시간을 강조하고 있다. 예비교사 시기 실험 수업 담화에서는 학생이 생각하는 것을 강조하면서도 교사 스스로 답을 제시하는 등 사고와 실행이 불일치하는 사례가 종종 발견되었다면, 초임교사 시기 교사 B는 학생들이 생각하고 논의할 수 있는 기회를 제공할 수 있게 된 것으로 보인다

초임시기에 교사 B의 개념 생태 요소로 예비교사 시기에 등장하지 않았던 교육과정 내용과 사회·제도적 측면 등이 나타났다. 교사 B는 실험 수업을 실행할 때 과학 중점학교에서 물질적, 제도적인 지원을 여유롭게 받고 있었다. 또한 실험 수업 내용도 교사가 자율적으로 선택할 수 있었다. 이러한 사회·제도적 측면의 요인들은 기존에 교사 B가 지니고 있던 학생 중심적 교수성향, 지식 구성으로서 과학 실험 수업, 학습자에 대한 긍정적 사고 등 개념 생태 요소들과 적절한 연결 관계를 맺으며 개념 생태에 자리하게 되었다. 자연스럽게 ‘스스로 생각하는 실험 수업’이라는 인식론적 확신근거는 교사 B의 개념 생태 요소들을 아우르게 되었으며, 이는 교사의 언어로 정리하자면 “내 스타일”로 규정할 수 있다.

연구자: 학부 때 했던 실험이나 지금이나 큰 차이가 없어. 달라진 거 있어?

교사 B: 잘 모르겠어요.

연구자: 그때도 조곤조곤 조용히 얘기하고 조금 더 애들이랑 가까워진 것 같기는 해. 방식이나 기다리는 거나 크게 많이 바뀌지 않은 것 같아.

교사 B: 내 스타일대로. 그런 것 같아요. 수업도 하던 대로 하고. 큰 차이도 없고. 근데 아마 그런 건 있을 것 같아요. 이 실험이라는 게 저의 자율성이 엄청 큰 과목이라서 프로토콜 때 하고 싶은 대로 했잖아요. 그래서 똑같이 가는 거 일 수 있을 거예요.

이러한 예는 경험을 통해 교사 B의 개념 생태가 안정적으로 작용하고 있음을 보여준다. 예비교사 시기 교사 B는 교사 중심과 학생 중심 교수 성향의 상반되는 하위요소들이 일으키는 갈등을 ‘딜레마’라고 표현하였다. 초임 시기에는 실험 수업 실행 맥락에서 개념 생태 요소들을 연결하며 ‘스스로 생각하는 실험 수업’이라는 인식론적 확신근거를 확립하였다. 이러한 근거가 마련되는 데는 교사의 자율성이 중요한 역할을 한 것으로 보인다. 선택이 가능한 교육과정과 넉넉한 수업 시간이 보장된 블록타임 제도, 실험 수업에 대한 학교의 지원을 바탕으로 교사의 자율성이 확보되었다.

교사 B의 사례는 실험 수업에서 구성주의적 교수 실천이 이루어질 수 있는 가능성을 보여준다. 실험 수업을 이루는 다양한 개념 생태 요소들은 인식론적 확신근거를 중심으로 관계를 맺고 있다. 따라서 이를 기반으로 하여 학생 중심적인 지식 구성의 실험 수업을 실행해 나갈 수 있었다.

실험 수업 내용 선택에 대한 자율성을 교사에게 부여하고, 실험 활동에 충분한 시간을 보장하는 것은 실험 수업에 대한 구성주의적 실천에 필요한 요소로 보인다. 교사에게 주어진 수업 운영의 자율성은 교사가 교수에 몰입하게 되어 적극적으로 수업을 운영하고 구체적인 피드백을 제시할 수 있다고 알려져 있다(Csikszentmihaly, 1997; 이재신과 이지혜, 2011). 교직 입문 이후, 교사 B가 의도와는 관계없이 과학중점학교에서 생명과학 탐구실험 수업을 담당하게 되었다. 다양한 사회·제도적 측면의 요소들이 교사가 실험 수업 교수에 집중할 수 있는 환경을 마련하였다. 과학중점학교의 운영은 학생 스스로 구성하는 실험 활동과 지식 구성에 필요한 사고를 하도록 기다려 줄 수 있도록 넉넉한 시간과 공간, 도구들을 제공하였다. 과학탐구실험에 대한 교육과정은 교사에게 실험 내용의 선택과 운영에 자율권을 부여하였다. 실험 수업을 위한 시간, 도구를 포함한 공간, 교육과정에 대한 교사의 자율성 확보는 교사가 이미 가지고 있는 지식 구성으로서의 과학, 학생 중심 교수성향과 연관을 맺으며 탐구적이고 학생중심적인 교육 실천을 가능하게 하였다.

교사 B는 같은 교사가 운영하는 실험 수업임에도 불구하고 생명과학1과 과학탐구 실험 수업은 실행에 큰 차이를 가지고 있다고 생각하였다. 두 과목의 실행에서 다른 점은 실험 수업 내용의 선택과 활용할 수 있는 실험 수업 시간이었다. 이러한 결과는 지식 구성 측면에서 실험 수업이 운영되는 것은 단지 교사 개인의 역량에 따르는 것이 아님을 보여준다. 교사가 실험 수업에서 역량을 발휘하기 위해 지식 구성으로서의 실험 수업에 대한 기준을 마련하고, 그에 필요한 사회·제도적인 지원이 무엇인지에 대한 연구들이 필요한 것으로 보인다.

### 5.3.3. 예비교사와 초임교사의 실험 수업 변화

두 명의 교사의 시기 별 실험 수업 사례에서는 다음과 같은 변화의 특징을 볼 수 있었다.

먼저, 교사들은 예비교사와 초임교사 시기 동안 자신의 실행에 실험 수업 맥락을 반영하여 이를 변화시켜나갔다. 수업 상황 맥락에 따라 교사의 언어적 상호작용이 다르게 나타남을 확인할 수 있었다. 실험 수업 맥락은 다양한 요소로 개념 생태에 자리하고 있었다. 과학 실험 수업에 대한 사고, 학습자에 대한 사고, 교육과정과 내용에 대한 사고, 교수 성향, 자아효능감, 과거 경험, 사회·제도적 측면, 인식론적 확신근거가 교사의 실험 수업 개념 생태 요소로 하위요소들과 함께 존재하고 있다. 각 하위요소들이 교사의 교육 현장에서 시기에 따라 등장하거나 교체되면서 개념 생태 요소들은 변화를 겪는 것으로 보인다.

개념 생태 요소 중 교육과정과 내용에 대한 사고, 사회·제도적 측면, 인식론적 확신근거는 초임교사 시기에 겪는 뚜렷한 변화가 반영되어 나타났다. 새롭게 등장한 하위요소들은 예비교사 시기부터 존재하던 개념 생태 하위요소들과 관계를 맺으며 안정적으로 자리하기도, 다른 요소들에 변화를 주기도 하였다. 이 과정에서 일부 요소들은 강화되거나 도태되었다.

다음으로, 교사는 축적된 경험을 통해 실험 수업에 대한 인식론적 확신근거를 마련하였으며, 이렇게 형성된 인식론적 확신근거는 다른 개념 생태의 여러 요소들과 단단한 연결망을 구축하였다. 이 때 개념 생태 요소인 인식론적 확신근거는 실험 수업 맥락 전반에서 벗어나지 않는 상태에서, 교사의 능력이 발휘될 수 있는 방향으로 설정되고 언어적 상호작용에도 반영되어 나타났다. 인식론적 확신근거는 실험 수업 개념 생태의 구축과 실행에 중요한 영향을 미치는 것으로 보인다.

예비교사 시기에는 인식론적 확신근거가 마련되지 않았다. 일례로, 예비교사 시기 실험 수업에서 교수 성향의 하위요소는 상반되는 성향을 가지고 있었으며, 이는 실험 수업 교수 실행에 대하여 갈등으로 유발하였다. 예비교사들은 실험 수업 실행 후 대부분의 평가회에서 반복적으로 교사 중심 교수와 학생 중심 교수 사이에서 갈등을 느끼고 표현하였지만 어떻게 실행해야 할지에 대한 구체적 대안이 마련되지 않았다. 반면 초임교사 시기에는 교사가 실행해야 하는 교수 방법에 대한 갈등이 상대적으로 적게 나타났다. 초임교사들은 지식 구성으로 실험 수업과 지식 습득으로 실험 수업이 모두 필요함을 알고 있었으며, 자신이 선호하는 실험 수업 교수 방법 또한 인지하고 있었다. 초임교사의 실험 수업에서 갈등이 감소된 것은 인식론적

확신근거가 실천에 방향성을 제시하였기 때문으로 보인다. 교사는 주어진 상황에서, 실험 수업 실행에 대한 정당성을 부여하는 인식론적 확신근거에 따라 자신이 생각하는 최선의 실험 수업을 실행한다. 다시 말해 초임교사들은 실험 수업에서 자신의 인식론적 확신근거에 따라 교수를 실천하였으며 교수 성향 사이의 갈등은 잘 드러나지 않았다.

마지막으로, 실험 수업에서 나타난 학생의 상호작용은 교사가 학생들에게 제공했던 상호작용 양상을 반영하는 것으로 보인다. 교사가 권위적이고 전통적인 상호작용을 중심으로 실험 수업을 이끌었을 경우, 학생들도 학교 과학교육에서 논의되는 관점으로 정답을 찾고, 그것을 확인하는 질문을 제시하였다. 교사가 실험 수업 담화를 탐구적 질문과 대응으로 이끄는 경우, 학생은 다양한 생각을 표현하고 학생들 사이에 토론이 활발하게 이루어졌다. 실험 수업에서 나타나는 교사의 담화 양식은 학생들이 유사한 방식으로 과학에 접근하게 하며, 학생들의 지식 구성에 영향을 미친다. 학생들이 의미를 구성해나가며 과학을 학습하기 위해서는 대화적, 권위적 담화가 전통적, 탐구적 담화와 조화를 이루며 실험 수업이 진행되어야 한다. 이러한 실험 수업 실행의 기저에는 교사가 가지는 실험 수업에 대한 개념 생태가 작용하고 있는 것으로 보인다. 따라서 구성적인 실험 수업이 이루어지기 위해서는, 구성적 실험 수업이 일어나기 위한 기준을 마련하는 것과 함께, 교사의 실험 수업에 대한 개념 생태를 파악하고 실행을 확인하여 학생 중심적이고 탐구가 이루어질 수 있게 하는 실험 수업의 구체적인 방안을 모색할 필요가 있다.

## 6. 요약 및 결론

### 6.1. 요약

구성주의적 교육관이 대두되면서 학교 과학 교육에도 학습자 스스로 지식을 구성할 수 있는 교육기회 제공의 필요성이 강조되었다. 이는 과학탐구가 과학교육의 중요한 목표로 자리하는 데 영향을 주었다. 과학탐구의 대표적 방법인 실험 수업은 학생들이 높은 사고 수준에서 지식 구성에 참여할 수 있게 한다. 그러나 교육 현장에서는 여전히 전통적 방식의 교수학습 방법이 우위를 차지하고 있다. 실험 수업에서도 마찬가지로, 확인실험이 주를 이루며 개념을 확인하는 수단으로써 실험이 활용되고 있는 실정이다(Pizzini et al, 1991; 양일호 등 2007). 다양한 연구에서 구성주의 교수법의 현장 적용이 어려운 이유로 교사의 인식과 학생에 대한 신념, 교사의 두려움 등 내적인 요인과, 과학 교실과 문화를 둘러싼 외적인 요인을 보고하였다(Brooks & Brooks, 1993; Meyer et al., 2013).

실험 수업의 실행에는 다양한 요소들이 총체적이고 맥락적으로 작용한다. 그러나 선행 연구들은 실행을 교사의 지식이나 신념, 일부 요인들에 한정하여 탐색하였고, 실험 수업 실행에 영향을 주는 요인들을 통합적으로 살펴본 연구는 많지 않았다. 이에 본 연구에서는 구성주의적 실험 수업 실행과 그에 영향을 줄 수 있는 다양한 요소를 종합적으로 탐색하고자 하였다. 이를 위해 두 명의 연구 참여자의 예비교사 시기와 초임교사 시기 실험 수업 사례를 분석하여 실험 수업 실행의 변화를 추적하였다. 자료는 언어적 상호작용과 실험 수업에 대한 개념 생태를 분석하여 실험 수업 변화를 기술하였다.

시간의 흐름에 따라 두 교사의 실험 수업 실행 양상은 매우 다르게 나타났다. ‘경험을 제공하는 실험 수업’을 추구하는 교사 A는 매우 구조화된 실험 수업을 교사 중심적인 방식으로 진행하였다. 언어적 상호작용 분석 결과, 실험 수업이 실행에 있어 이론과 실험 국면이 세분화되며 권위적이고 전통적인 방식의 짧은 언어적 상호작용이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 상호작용의 양상은 실험 수업 중 교사와 학생 모두에게서 관찰되었다. 교사 A의 개념 생태 분석을 통해 교사 A는 학생들이 지식을 구성하게 하는 실험 수업에 대한 고민을 토대로 자신의 실험 수업에서 이를 구현하기 위한 노력을 하였으며, 이를 바탕으로 ‘경험을 제공하는 실험 수업’이라는 인식론적 확신근거를 마련하였음을 알 수 있었다. 초임교사 시기 교

교사 A의 개념 생태에 등장한 과학과 교육과정과 사회·제도적 측면, 인식론적 확신근거의 등 세 요소들은 예비교사 시기부터 존재하던 개념 생태 요소들과 상호작용하며 교사의 실험 수업 실행에 영향을 주었다. 교사 A의 실험 수업은 교사를 중심으로 권위적이고 전통적 방식의 상호작용을 통해 학생들에게 다양한 실험 경험을 제공하고 있었다. 다른 한편으로는 학생의 질문을 수용하여 함께 답을 찾아보거나, 어려운 과학 용어를 쉬운 일상 언어로 제공하는 등 학생 중심적인 성향도 일부 관찰할 수 있었다. 앞서 제시한 교사 A의 개념 생태의 변화는 더욱 구조화되고 권위적인 방식의 언어적 상호작용으로 변화에 영향을 미친 것으로 보인다.

교사 B는 예비교사 시기부터 지식을 구성하고 스스로 해 보는 실험활동을 강조하였으며, 학생들이 자신의 생각을 자유롭게 표현하고 수업에 적극적으로 참여하도록 이끄는 실험 수업 성향을 보였다. 교사 B의 예비교사 시기 실험 수업에서는 교사 중심적 실행과 학생 중심적 실행이 혼합되어 나타나기도 했지만, 두 가지 상반된 하위요소 사이에서 어떻게 실험 수업을 진행해야 할 지 고민하는 모습을 자주 발견할 수 있었다. 시간이 지남에 따라 교사 B의 실행에도 변화를 볼 수 있었다. 초임교사 B는 실험 활동 방법을 제시하지만 시간에 제한을 두지 않는 등 실험 수업을 비구조화 하여 학생의 활동에 자율성을 부여하였다. 또한 학생들의 발언에 매우 허용적으로 반응하였다. 이러한 수업 분위기는 학생들의 발화를 촉진하였다. 학생들은 다양한 내용과 방식의 질문을 자유롭게 교사에게 제시하였고 교사는 판단 대신 탐구적 질문을 제시하여 학생 스스로 지식을 구성할 수 있도록 돕는 모습을 볼 수 있었다. 이렇듯 허용적 수업 분위기 속에서 교사 B의 실험 수업 중 언어적 상호작용의 질이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 교사 B의 개념 생태 분석을 통해 교사의 자율적인 실험 수업 내용 선택과 넉넉한 시간을 제공하는 블록타임 제도가 초임교사 시기의 개념 생태에 등장하였음을 알 수 있었다. 또한 ‘스스로 생각하는 실험 수업’이라는 인식론적 확신근거가 전체 개념 생태 요소들과 연관되어 교사의 실험 수업을 구성하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 실험 수업에 대한 개념 생태를 바탕으로 교사 B는 학생들이 활동에 참여하고 다양하게 생각해보는 탐구적이고 학생 중심적인 실험 수업을 실행해나가고 있었다.



## 6.2. 결론 및 제언

본 연구는 두 교사의 사례에서 예비교사와 초임교사 시기의 실험 수업을 언어적 상호작용과 실험 수업에 대한 개념 생태를 통해 분석하였다. 이러한 연구 결과를 통해 예비교사와 초임교사 시기의 교사의 실험 수업 실행과 변화의 특징을 살펴볼 수 있었다.

교사의 시기별 실험 수업 실행에 나타나는 변화의 특징은 다음과 같다. 첫째, 실험 수업의 실행은 교사의 상황에 따라 맥락적으로 변화한다. 두 교사의 사례를 통해 교사가 교사 발달 과정 중에 어떤 시기에 있는지, 교사가 처한 학교의 상황은 어떤지 등 상황적 맥락에 따라 실험 수업에서 나타나는 언어적 상호작용과 실험 수업에 대한 교사의 개념 생태는 다르게 나타남을 확인할 수 있었다. 둘째, 교사는 초임교사 시기에 인식론적 확신근거를 마련하여 자신이 실행하는 실험 수업에 정당성을 부여한다. 인식론적 확신근거는 실험 수업 개념 생태를 구성하는 다른 요소들과 밀접하게 연관을 맺으며 자신의 실험 수업 실행에서 나타나는 갈등을 감소시키는 방향으로 작용한다. 이 때 개념 생태의 요소와 하위 요소들은 강화되거나 약화되며 인식론적 확신근거를 지지하는 방향으로 나타났다. 인식론적 확신근거는 교사의 상황과 경험을 토대로 구체적으로 형성되며, 이는 실험 수업의 방향성을 결정하여 실행에 영향을 미친다. 셋째, 교사의 실험 수업 개념 생태는 실험 수업 실행 시 나타나는 언어적 상호작용 양상에 영향을 준다. 또한 교사의 언어적 상호작용 양상은 학생들에게 영향을 미쳐, 학생들은 교사의 언어적 상호작용 방식과 유사하게 실험 수업에 접근하게 된다.

본 연구의 결과를 통해 얻은 시사점은 다음과 같다.

먼저, 초임교사의 실험 수업에서도 구성주의적 교수 실천의 가능성을 볼 수 있었다. 생명과학 탐구실험 과목에서는 실험 수업이 블록타임제로 운영되며 실험활동 선정에 교사의 자율성이 부여되었다. 이러한 상황에서 교사 B는 새로운 환경에서 나타나는 개념 생태 요소들과 기존 개념 생태 요소들을 연결시키며 탐구적인 상호작용을 통해 학생들이 지식을 구성할 수 있는 실험 수업 기회를 제공하였다. 반면 중학교 과학이나 생명과학 1 과목의 실험 수업은 실험 활동을 하는데 시간이 부족하거나 해당 차시에 가르쳐야 할 내용이 일정하게 정해져 있어 보다 권위적이고 교사 중심적인 교수 실행이 나타났다. 이러한 사회·제도적 측면은 교사의 개념 생태에서 학생 중심적이고 지식을 구성하는 실험 수업 실행이 이루어 질 수 있는 기반을 마련한 것으로 보인다. 실험 수업에서 구성적인 실천이 나타나기 위해 교사는 지식 구성으로 실험 수업과 관련된 다양한 요소들을 인지해야 한다. 또한 교사의 실천이

자율적으로 이루어질 수 있도록 교육과정이나 학교제도가 유연하게 운영될 필요가 있다. 나아가 교사의 시도가 지속될 수 있도록 실험 수업에서 탐구의 가치와 방법에 대한 공감, 공유가 필요하다. 이를 위해서는 교사 교육과정에서 실험 수업에 대한 개념 생태 요소들을 인식하고 교사가 어떤 과정을 통해 하위요소를 구성하게 되는지에 대해 더 많은 사례연구가 이루어질 필요가 있다. 또한 교사가 자신의 실험을 반성하기 위해 수업담화를 활용하는 방법에 대한 연구 등 교사의 실험 수업 실행이 구성적으로 이루어질 수 있도록 돕는 방안이 모색되어야 한다.

다음으로 개념 생태 요소들과 하위요소들은 학교 맥락에 따라 변화하고 재조직되며 예비교사가 초임교사로 적응하고 있음을 볼 수 있었다. 교사는 실험 수업에 대한 개념 생태를 구성하는데 있어 맥락에 따라 새로운 요소를 도입한다. 특히, 인식론적 확신근거는 교사의 개념 생태 요소들을 실험 수업 실행에 적용하고 수정하고 확인하는 과정에서 마련되었다. 또한 요소들 사이의 상호작용은 특정한 개념 생태 요소나 하위요소를 강화 또는 약화시키기도 하였다. 인식론적 확신근거는 교사의 수업 시행에 영향을 미치는 중요한 요소로, 실험 수업에 대한 갈등을 덜어주고 안정적이 교수실행을 돕는 것으로 나타났다. 따라서 구성주의적인 교수 실행을 위해서는 그에 적절한 교사의 개념 생태를 구성할 수 있도록 돕는 것이 필요하다. 이를 위하여 우선 실험 수업에서 구성주의적 실행을 보이는 교사들의 개념 생태를 조사하고, 그들의 인식론적 확신근거를 비롯한 특이적인 개념 생태 요소의 특성을 정의하여 교사 교육에 적용할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 추가적으로 어떤 인식론적 확신근거를 마련하는지, 확립된 인식론적 확신근거는 다른 상황에서 어떻게 작용하는지에 대하여 추가적으로 연구하는 것은 교사의 실험 수업에 대한 개념 생태의 지위 분석과 더불어 의미 있어 보인다.

마지막으로 본 연구에서는 교사가 실행하는 실제의 맥락에서 실험 수업을 탐색하기 위해 언어적 상호작용과 개념 생태를 도입하였다. 언어적 상호작용은 교사의 실행을 그대로 드러내며, 개념 생태는 교사의 인지적, 동기적, 상황적 요인들을 포함하는 총체적인 관점을 제공한다. 특히 개념 생태는 학습에 대한 연구에서 확장되어 더욱 폭 넓게 현상을 바라볼 수 있는 관점을 제공할 가능성이 있는 것으로 보인다. 교사가 학교 현장에서 과학 탐구의 가치에 대한 혼란을 가질 때, 개념 생태는 실험 수업에 대한 가이드라인을 제공할 수 있을 것으로 보인다. 개념 변화는 학습자에게만 요구되거나 학습자에게만 일어나는 현상이 아니다. 교사가 확인 실험 위주의 실험수업에서 학생들의 지식 구성을 위한 실험 수업으로 개념 변화 이루어질 때 과학 탐구로서 실험 수업이 역할을 하며 학생들의 과학 학습에 영향을 미치게 될 것으로 생각된다. 실험 수업에 대한 개념 생태 연구가 교사들에게 수업의 맥락에서 실제적인 도움을 주기 위한 연구로 발전되기를 기대한다.

## 7. 참고 문헌

- 강경석, & 김영만 (2006). 교사발달단계와 교사의 직무능력 및 직무만족 간의 관계 연구. *教育行政學研究*, 24(1), 119-142.
- 강두호, & 남상준 (2014). 탐구학습에 대한 초등 사회과 교사의 개념 생태 연구. *敎員敎育*, 30(3), 265-284.
- 강인애. (2003). *(우리시대의)구성주의*. 서울: 문음사.
- 고성자, 최선영, & 여상인 (2007). 과학 수업에서 초등 교사가 사용하는 비유 유형에 대한 사례 연구. *초등과학교육*, 26(3), 276-285.
- 과학문화진흥회 (2001). 전국 초중등학교 과학 실험교육 실태분석과 혁신정책방안 연구, 한국과학문화재단.
- 곽영순 (2018). TIMSS 2015에서 과학 성취도와 흥미에 영향을 주는 교육맥락변인 분석. *한국과학교육학회지*, 38(2), 113-122.
- 교육부. (2015). *초·중등학교 교육과정 총론 / 교육부 [편]*. 세종: 교육부.
- 구원희 (2010). 교사의 수업 경험에 관한 참여관찰 연구. 성균관대학교 박사학위논문
- 권영신, & 김정률 (2014). 개념스케치를 활용한 탐구 문제 해결 수업이 판구조론에 대한 개념 변화와 과학 관련 태도에 미치는 영향. *韓國地球科學會誌*, 35(4), 267-276.
- 김미영, & 이길재 (2007). 생식과 유전 개념에 대한 고등학생들의 개념 생태 분석. *생물교육*, 35(4), 678-691.
- 김영민, 이현주, & 김재권 (2013). 예비 과학교사의 과학 교수와 학습에 대한 신념 및 변화 양상. *科學敎育研究誌*, 37(1), 40-51.
- 김영천 (2012). *질적연구방법론I: Bricoleur*. 파주: 아카데미프레스
- 김혜리, 이선경, & 김찬중 (2010). 담화양상과 의미형성전략에 관한 초임 교사의 중등 과학수업 사례 탐색. *韓國地球科學會誌*, 31(6), 647-655.
- 남정희, 이순덕, 임재향, & 문성배 (2010). 멘토링을 통한 초임중등과학교사의 수업에서의 교사,학생 상호작용 변화 분석. *한국과학교육학회지*, 30(8), 953-970.
- 남정희, 최준환, 공영태, 문성배, & 이석희 (2004). 자기평가에 대한 피드백 유형이 중학교 학생들의 과학 개념 이해와 과학 관련 태도에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 24(3), 646-658.
- 문호준, & 김무영 (2007). 스포츠교육학에서의 교사사고과정 연구 동향과 향후 과제. *한국체육학회지*, 46(2), 153-170.
- 박경원 (2011). 초등학교 초임교사와 경력교사의 과학 실험 수업 사고과정 비교 분석 연구. *초등교육연구*, 24(3), 273-296.

- 박승재. (2002). *실험활동 중심의 초·중등 과학 탐구교육 진흥방안*. 서울: 한국교육과정평가원.
- 박지선, 장진아, & 송진웅 (2016). 나는 왜 그렇게 대처하였는가?: 초등 과학실험 수업 중 발생한 불일치 상황에서의 교사의 대처. *초등과학교육*, 35(3), 277-287.
- 박지은, & 이선경 (2007). 중학생의 힘의 개념변화 사례 연구. *한국과학교육학회지*, 27(7), 592-608.
- 박현주 (2013). 중학교 과학교사의 실험 수업 실태 및 인식 조사. *科學教育研究誌*, 37(1), 79-86.
- 박현주, & 최병순 (2001) 고등학생의 과학학습관, *한국과학교육학회지*, 21(1), pp.59-75
- 서울대학교, 교. (1995). *교육학 용어사전 / 서울대학교 교육연구소 편* (전정판.. ed.). 서울: 서울 : 하우.
- 성숙경, & 최병순 (2007). 이질 모둠이 수행한 과학탐구실험 과정에서 상호작용의 변화와 특성. *한국과학교육학회지*, 27(9), 870-880.
- 송하영, & 김영신 (2016). 과학 수업에서 공진화적 접근을 통한 교사와 학생의 언어적 상호작용 분석. *생물교육*, 44(1), 13-24.
- 송현미, & 정완호 (2001) 생물 존재 필요성에 대한 중학생의 개념 생태 특징. *한국과학교육학회지* 21(4), pp.648-657.
- 심영보 (2009). 초등학교 교사의 교수관심 구성요소 및 경향 분석. 부산대학교 박사 학위논문
- 심현표, 유금복, 이은정, 전상학, & 황세영 (2013). 예비교사의 실험 수업에 대한 반성적 논의의 특징. *한국과학교육학회지*, 33(5), 911-931.
- 양일호, 김석민, & 조현준 (2007). 초,중등학교 과학 실험 수업의 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 27(3), 235-241.
- 양일호, 조현준, 정진우, 허명, & 김영신 (2006). 학교과학교육에서 실험 활동의 목적. *한국과학교육학회지*, 26(2), 177-190.
- 여채영, 정재훈, 임수민, & 김영신 (2011). 수업에 의해 변화되는 9학년 유전 개념의 생태 지위 분석. *한국과학교육학회지*, 31(5), 680-693.
- 오세덕, 이지영, & 김희백 (2010). 중학교 생물 수업에서 나타나는 대화적 담화의 수업 맥락과 상호작용 패턴에 관한 사례연구: 교사의 말하기를 중심으로. *생물교육*, 38(4), pp.657-674.
- 오지언, & 오필석 (2017). 초등 과학 수업에서 '반응적 교수'의 실현 가능성 탐색. *초등과학교육*, 36(3), 227-245.
- 오필석, & 안유민 (2013). 인식 행위로서 수업 담화 분석: 초등 과학 수업을 중심으로. *초등과학교육*, 32(3), 269-284.
- 오필석, & 안유민 (2015). 고등학교 지구과학 수업의 담화적-인식적 기제 탐색. *韓國地球科學會誌*, 36(4), 390-403.

- 유금복, 심현표, 이은정, 전상학, & 황세영 (2014). 소집단 실험 수업에서 나타난 예비교사-고등학생의 상호작용의 특징. *생물교육*, 42(2), 143-159.
- 윤희경 (2008). 과학 실험 실습 교육에서 초등 교사가 느끼는 딜레마. *초등과학교육*, 27(2), 102-116.
- 윤희경, 강남화, & 김병석 (2015). 예비 과학 교사의 과학, 과학 학습, 과학 교수에 대한 인식론적 신념: 인식론적 신념의 맥락 의존성. *한국과학교육학회지*, 35(1), 15-25.
- 윤희주 (1996). 教師發達 段階 및 職能發達 要因에 關한 研究. 서울대학교 석사학위논문
- 이선경. (2015). *과학학습 개념변화*. 서울: 서울대학교출판문화원.
- 이선경, & 강경희 (2001). 개념변화 맥락을 구성하는 개념 생태 상호작용에 관한 사례 연구. *한국과학교육학회지*, 21(4), 745-756.
- 이선경, & 신명경. (2017). *학교과학교육담론*. 서울: 북스힐.
- 이재신 & 이지혜. (2011). 교사의 자율성, 낙관성, 교수몰입과 주관적 안녕감 간의 관계. *한국교원교육연구*, 28(1), 65-90.
- 이화진, 장지은, & 김희백 (2013). 생물 예비교사들의 수업 실습에서 대화적 담화를 중심으로 나타난 수업 전문성. *생물교육*, 41(2), 181-197.
- 임재근, 이소리, 양일호, & 이윤경 (2010). 초등과학 수업에서 실험 활동에 대한 교사들의 내적 요인 조사. *초등과학교육*, 29(1), 93-101.
- 장진아, 박지선, & 송진웅 (2014). 연구논문 : 초등 과학 교과전담 교사의 실험 수업에서 형성되는 사회문화적 맥락의 특징 -사회문화적 요인 및 요인들 간 상호작용을 중심으로. *초등과학교육*, 33(2), 217-230.
- 정득실, 김찬중, 이선경, 오필석, 맹승호, & 정애란 (2007). 구성주의적 수업을 위한 워크숍에 참여한 중등 과학 교사의 교수 지향과 수업 실행. *한국과학교육학회지*, 27(5), 432-446.
- 정은실 (2009). 구성주의 학습모형에 나타난 다양한 교사의 역할에 대한 분석. *慶熙大學校 教育問題研究所 論文集*, 25(2), 57-71.
- 정재훈, & 김영신 (2011). 생태 지위적 접근을 통한 5학년의 광합성 개념 분석. *한국과학교육학회지*, 31(4), 513-527.
- 조영미, & 오필석 (2011). 과학 실험 수업에 관한 한 초등학교 교사의 실천적 지식의 "구조"분석. *초등과학교육*, 30(2), 162-177.
- 조은영, & 한신 (2015). 중학교 태양계 단원 수업에서 교사와 학생 사이의 교실담화 사례분석. *科學教育研究誌*, 39(1), 113-131.
- 조이연 (2015). 사범대학의 역할을 중심으로 한 중등학교 실험교육 활성화 지원에 대한 연구. *생물교육*, 43(2), 170-187.
- 조희형, 김희경, 윤희숙, & 이기영. (2011). *과학교육의 이론과 실제*. 파주: 교육과학사.

- 최경희, 박종윤, 최병순, 남정희, 최경순, & 이기순 (2004). 중학교 과학 수업에서 교사와 학생의 언어적 상호작용 분석. *한국과학교육학회지*, 24(6), 1039-1048.
- 최경희, 이현주, & 남정희 (2000). 형성평가의 피드백 유형이 학생들의 과학 성취와 태도, 교사 - 학생 상호작용에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 20(3), 479-490.
- 최병순, 강석진, 강순민, 강순희, 공영태, 권혁순, . . . 홍미영. (2009). *화학 교재 연구 및 지도*. 파주: 자유아카데미.
- 최진영, & 이경진 (2007). 교직경력에 따른 초등교사들의 신념과 사회과 교수실제의 관계. *한국교원교육연구*, 24(2), 313-335.
- 팽애진, & 백성혜 (2005). 과학 실험 수업에 대한 중등 과학 교사의 신념 사례 연구. *한국과학교육학회지*, 25(2), 146-161.
- 한기갑 (2004). 신입 초등교사의 과학 본성에 대한 신념과 과학 수업과의 관련성. 한국교원대학교 석사학위논문
- 한유화, 전은선, & 백성혜 (2014). 중학교 과학교과서, 교사의 인식 및 실험 수업 사례에서 나타난 과학적 탐구 요소 분석. *한국과학교육학회지*, 34(4), 349-357.
- 한혜진, 이선경, 김찬중, 이경호, 김희백, 오필석, & 맹승호 (2009). 생애사적 접근을 통한 과학교사의 교수실행 변화과정에 관한 사례연구. *한국과학교육학회지*, 29(1), 22-42.
- 허남영 (2007). 물리교사가 교수 상황에서 경험하는 과학개념 이해의 유형과 요인. 서울대학교 박사학위논문
- Adadan, E., Trundle, K. C., & Irving, K. E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 1004-1035.
- Allen, R. M., & Casbergue, R. M. (1997). Evolution of novice through expert teachers' recall: Implications for effective reflection on practice. *Teaching and Teacher Education*, 13(7), 741-755.
- Anderson, D. R. (2007). *Model based inference in the life sciences: a primer on evidence*. Springer Science & Business Media.
- Apple, M. W. (2000). *Between neoliberalism and neoconservatism: Education and conservatism in a global context*. na.
- Aronowitz, S., & Giroux, H. A. (2003). *Education under siege: The conservative, liberal and radical debate over schooling*. Routledge.
- Athanasiou, K., & Papadopoulou, P. (2012). Conceptual ecology of the evolution acceptance among Greek education students: Knowledge, religious practices and social influences. *International Journal of Science Education*, 34(6), 903-924.

- Beeth, M. D. (1993). Dynamic aspect of conceptual change instruction, Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Burke, P., Christensen, J., & Fessler, R. (1984). Stages of teachers careers: Implications for professional development. *Recuperado de la base de datos ERIC.(ED227054)*.
- Calderhead, J. (1996). Teachers: Beliefs and knowledge. In *Handbook of educational psychology*. (pp. 709-725). London, England: Prentice Hall International.
- Carlsen, W. (1999). Domains of teacher knowledge. In *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 133-144): Springer.
- Campbell, P., Oh, P. S., & Neilson, D. (2012). Discursive Modes and Their Pedagogical Functions in Model-Based Inquiry (MBI) Classrooms. *International Journal of Science Education*. 34(15), pp.2393-2419.
- Chin, C. (2006). Classroom Interaction in Science: Teacher questioning and feedback to students' responses. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1315-1346.
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(6), 815-843.
- Clark, C. M., & Peterson, P. L. (1986). *Teachers' Thought Processes*. In: Wittrock, M. C., Ed., *Handbook of Research on Teaching*, 3<sup>rd</sup> Edition, Macmillan, New York,
- Coburn, C. E. (2003). Rethinking Scale: Moving Beyond Numbers to Deep and Lasting Change. *Educational researcher*, 32(6), 3-12.
- Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 40(5), 464-486.
- Cresswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*, Sage.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Driver, R., Asoko. H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. H. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Driver, R. (1995). Constructivist approaches to science teaching. In Steffe, L. P.

- and Gale, J. (ed.), *Constructivism in Education*. pp. 385–400. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (1998). Learning in Science – From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. In *International Handbook of Science Education* (pp. 3–25).
- Edwards, D., & Mercer, N. (1987). *Common knowledge: The development of understanding in the classroom*. New York, NY, US: Methuen.
- Elbaz, F. (1981). The Teacher's "Practical Knowledge": Report of a Case Study. *Curriculum Inquiry*, 11(1), 43–71.
- Elbaz, F. (1983). Teacher Thinking. A Study of Practical Knowledge. Croom Helm Curriculum Policy and Research Series.
- Engeström, Y. (2014). *Learning by expanding*. Cambridge University Press.
- Fuller, F. F. (1969). Concerns of teachers: A developmental conceptualization. *American educational research journal*, 6(2), 207–226.
- Haney, J. J., & McArthur, J. (2002). Four case studies of prospective science teachers' beliefs concerning constructivist teaching practices. *Science Education*, 86(6), 783–802.
- Hewson, P. W. (1982). A case study of Conceptual Change in Special Relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4(1). pp.61–78.
- Hewson, P. W. (1985). Epistemological commitments in the learning of science: examples from dynamics. *European Journal of Science Education*, 8(2), 157–171.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A'B. (1988). An appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science Education* 72(5) pp.597–614
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (2002). *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Hodson, D. (1998). *Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory*. in J.J. Wellington (Ed.), *Practical work in School Science*. (pp.93–108). NY:Routledge.
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry education research and practice*, 8(2), 105–107.
- Hudson, P. B. (2009). How can preservice teachers be measured against advocated professional teaching standards? *Australian Journal of Teacher*



- Education*, 34(5), 65-73.
- Hwang, S., Kim, N., Shim, H., Ryu., K., & Jeon. S. (2018). Analyzing the Growth of a Pre-Service Science Teacher Community through the Lens of Cultural Historical Activity Theory: The Case of a Three-Year Voluntary Science Teaching Program. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1133-1145.
- Johnson, M. (1989). Embodied Knowledge. *Curriculum Inquiry*, 19(4), 361-377.
- Kagan, D. M. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129-169.
- Katz, L. G. (1972). Developmental Stages of Preschool Teachers. *Elementary School Journal*, 73(1), 50-54.
- Koufetta-Menicou, C., & Scaife, J. (2000). *Teachers' Questions--Types and Significance in Science Education* (Vol. 81).
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*: Cambridge University Press.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*: Cambridge university press.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lee, E.-M. (2007). Literature Review: Pedagogical Content Knowledge as Specialized Knowledge for Teaching. *한국과학교육학회지*, 27(8), 699-710.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*: ERIC.
- Lincon, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. California: Sage
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955-968.
- Mahtison, S. (1988). Why triangulate? *Educational Researcher*, 17(2), 13-17.
- Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education: A qualitative approach*: Jossey-Bass.
- Moje, E. B., Collazo, T., Carrillo, R., & Marx, R. W. (2001). "Maestro, what is 'quality'?" : Language, literacy, and discourse in project based science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(4), 469-498.
- Mortimer, E., & Scott, P. (2000). Analysing discourse in the science classroom. I Millar, R. *Improving science education*.
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning Making In Secondary Science Classroomsaa*: McGraw-Hill Education (UK).

- NRC. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nystrand, M. (1997). Dialogic instruction: When recitation becomes conversation. *Opening dialogue: Understanding the dynamics of language and learning in the English classroom*, 1-29.
- Park, H. J. (1995). A study of the components of students' conceptual ecologies, Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Pizzini, E. L., & Shepardson, D. P. (1991). Student Questioning in the Presence of the Teacher during Problem Solving in Science. *School Science and Mathematics*, 91(8), pp.348-352
- Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Richardson, V., & American Educational Research, A. (2001). *Handbook of research on teaching*. Washington, D.C.: American Educational Research Association.
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T. Y., & Lee, Y. H. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(10), 1436-1460.
- Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90(4), 605-631.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Smith, D. C., & Anderson, C. W. (1999). Appropriating scientific practices and discourses with future elementary teachers. *Journal of Research in*

- Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 36(7), 755–776.
- Southerland, S. A., Johnston, A., & Sowell, S. (2006). Describing teachers' conceptual ecologies for the nature of science. *Science Education*, 90(5), 874–906.
- Stake, R. E. (2005). Qualitative case studies.
- Strike, K., & Posner, G. (1985). Cognitive structure and conceptual change. In (pp. 211–231): Academic Press New York.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, 176.
- Tamir, P. (1976). Factors which influence student achievement in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 13(6), 539–545.
- Thorley, N. R. (1990). The Role of the Conceptual Change Model in the Interpretation of Classroom Interactions. Doctoral Dissertation, University of Wisconsin–Madison.
- Toulmin, S. (1972). Conceptual change and the problem of relativity. *Critical essays on the philosophy of RG Collingwood*, 201–221.
- Van Zee, E., & Minstrell, J. (1997). Using questioning to guide student thinking. *The Journal of the Learning Sciences*, 6(2), 227–269.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45–69.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Wellington, J. (1998). Interactive science centres and science education. *Croner's Heads of Science Bulletin*, 16.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*: McGraw–Hill Education (UK).
- Wenger, E. (1998). Communities of practice: Learning as a social system. *Systems thinker*, 9(5), 2–3.

Abstract

# A Case Study on Changes in Laboratory Instruction of Science Teachers

- From Pre-Service to Beginning Teacher -

Ryu, Kumbok

Biology Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

Experimental activities enable learners to participate in the processes and procedures of science and to construct scientific knowledge. The advantages of experimental activity in science education are well known. So that academic and institutional efforts are also continuing to promote laboratory instructions. However, the quantity and quality of the experimental classes still fall short of expectations. Teachers are an important factor in determining the quantity and quality of education. We should seek ways to revitalize laboratory instructions from the practice of teachers. Teachers learn and practice knowledge and develop their profession by explicitly and implicitly. Various factors influence the professional development of laboratory instructions, including teacher perception, experience and environment. Various factors influence the professional development of laboratory instructions, including teacher perception, experience and environment. In this study, I explored the change in teacher's experimental class through the linguistic interaction and teacher's concept ecology of the laboratory instructions.

The two participants' cases were analyzed for the practice of the laboratory instructions during the pre-service and beginning teacher periods. The data for the practice of the laboratory classes from 2012 to 2015 during the pre-service teacher period and the data for the practice of the laboratory classes in 2018 during the beginning period were collected. Various types of data were collected, such as classroom observation, activity and teaching materials, teacher interviews, and assessment meeting data. Based on the data collected, linguistic interaction and conceptual ecology analysis were carried out. And the changes in the laboratory instruction were interpreted during the pre-service and beginning periods of teachers.

The result show that the changes in the two teachers are different. Teacher A's practice of the laboratory instructions has increased authoritative and traditional linguistic interactions during the beginner's period compared to the pre-service teacher period. In addition, teacher-centered orientation was strengthened with structured inquiry during the beginning teacher. During the pre-service teacher period, teacher A displayed teacher-centered teaching disposition and sometimes it showing conflicts with student-centered teaching disposition in her conceptual ecology. During the beginning teacher, the practice was prepared by minimizing conflicts among sub-components in conceptual ecology based on the epistemological commitment of 'experience-providing experiment'.

In the case of teachers B, compared with the pre-service teacher period, the linguistic interaction of question increased exploratively during the beginning teacher period. Also the student-centered trend was strengthened by presenting less structured laboratory instruction and creating an acceptable atmosphere. In the concept ecology of pre-service teacher B, conflicts have emerged between thinking about science and laboratory instruction on knowledge composition and knowledge acquisition, or between student-centered and teacher-centered teaching tendencies. Continuing her attempts to provide students with a chance to think, teacher B developed a epistemological commitment as 'self-thinking experiment' and the association between conceptual ecological elements also increased.

The linguistic interactions was constructed by teacher affecting the

interaction styles of students in laboratory instruction.

When teachers displayed authoritative and traditional interactions, students used discourse to confirm the knowledge that was determined. If the teacher presented an interaction exploratively, the students' discourse appeared to construct scientific knowledge based on their current knowledge. The background of linguistic interaction in laboratory instruction reflected to the teacher's conceptual ecology of laboratory instruction.

Conceptual ecological elements for laboratory instruction varied in the teacher's context. Each element interacted with other elements and was strengthened or weakened within the teacher's conceptual ecology. While the sub-components of the conceptual ecology indicated conflict during pre-service teacher, the conflict was reduced by establishing the epistemological commitment during the beginning teacher period. The epistemological commitment is an important component of the teacher's conceptual ecology, which seems to be closely related to other elements and to justify the teacher's practice of the laboratory instruction. The teacher's conceptual ecological elements appeared and applied again in the context of practice, constantly changing and influencing the practice of laboratory instruction.

The following are the characteristics of the changes that appear in the teacher's practice of laboratory instruction by period: First, the practice of the laboratory instruction changed in context that the teacher's current situation, such as the teacher's developmental process or the school situation facing the teacher. Second, the epistemological commitment was not shown during the pre-service period, but was revealed during the beginning teacher period, giving direction and justification to the practice of the laboratory instruction. Finally, the concept ecology of teachers' laboratory instruction influenced the way of linguistic interaction and led students to jointly organize experimental classes.

The results of this study showed the changes in the laboratory instruction by the period of teachers who re-organize and execute the

conceptual ecology according to the context of the situation. Based on this, the result of this study is significant that suggesting the studies to constructive laboratory instructions in school context.

**keywords : Laboratory Instruction, Linguistic Interaction, Conceptual Ecology, Epistemological Commitment, practice, change**

***Student Number : 2011-31085***

---